

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
AGRICULTURA E AMBIENTE

Thais Pollon Zanatta

**CARACTERIZAÇÃO DE ISOLADOS DE *Sclerotinia sclerotiorum* E
MANEJO DO MOFO-BRANCO E NEMATOIDE-DAS-GALHAS
UTILIZANDO INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DA SOJA**

Frederico Westphalen – RS
2019

Thais Pollon Zanatta

CARACTERIZAÇÃO DE ISOLADOS DE *Sclerotinia sclerotiorum* E MANEJO DO MOFO-BRANCO E NEMATOIDE-DAS-GALHAS UTILIZANDO INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientadora Prof^a Stela Maris Kulczynski

**Frederico Westphalen – RS
2019**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pela autora.

ZANATTA, THAIS POLLON ZANATTA
CARACTERIZAÇÃO DE ISOLADOS DE Sclerotinia
sclerotiorum E MANEJO DO MOFO-BRANCO E NEMATOIDE-DAS
GALHAS UTILIZANDO INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DA
SOJA / THAIS POLLON ZANATTA ZANATTA.- 2019.
127 p.; 30 cm

Orientadora: Stela Maris Kulczynski
Coorientadora: Caroline Wesp Guterres
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Campus de Frederico Westphalen, Programa de Pós
Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, RS, 2019

1. mofo-branco 2. nematoide-das-galhas 3. controle
alternativo 4. amônia-liases de fenilalanina 5.
peroxidases e polifenoloxidase I. Maris Kulczynski,
Stela II. Wesp Guterres, Caroline III. Título.

© 2019

Todos os direitos autorais reservados a Thais Pollon Zanatta. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

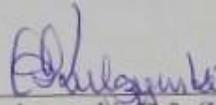
Endereço: Linha Sete de Setembro s/n – BR 386, km 40. CEP 98400-000 - Frederico Westphalen, RS, Brasil. Enderço eletrônico: thais_2zanatta@hotmail.com

Thais Pollon Zanatta

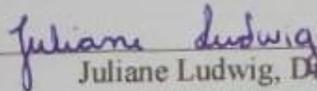
CARACTERIZAÇÃO DE ISOLADOS DE *Sclerotinia sclerotiorum* E MANEJO DO MOFO-BRANCO E NEMATOIDE-DAS-GALHAS UTILIZANDO INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

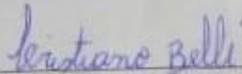
Aprovado em 14 de janeiro de 2019:



Stela Maris Kulczynski, Dr.^a. (UFSM)
Presidente/Orientadora



Juliane Ludwig, Dr.^a.
(UFS)



Cristiano Bellé, Dr.
(UFSM)

Dedico este trabalho aos meus pais Clezio e Marisa, minha irmã Natalia, meu namorado Rafael, minha nona Izabel e minha amiga Daniele pelos ensinamentos, carinho e incentivo de sempre.

“Vocês são o esteio que sustenta toda a minha construção”

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela benção da vida, por me dar força para superar as dificuldades, e por ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho.

Aos meus pais Clezio e Marisa, irmã Natalia e namorado Rafael que sempre estiveram ao meu lado nessa caminhada, desde os primeiros momentos de minha formação profissional, me incentivando, compreendendo e me ajudando a construir um futuro brilhante.

À toda minha família que sempre torceu por mais esta conquista em minha vida, em especial minha nona Izabel.

Às amigas Daniele Fontana e Daniela Meira, pela grande amizade, pela ajuda prestada, pelos incentivos e por todos os momentos de descontração que tornaram a jornada mais alegre.

À Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente pela oportunidade da realização do Mestrado, e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Instituto Federal Farroupilha, campus de Frederico Westphalen, pelo apoio e espaço concedido para o desenvolvimento das pesquisas.

À minha orientadora Professora Stela Maris Kulczynski, agradeço a amizade, a orientação e a confiança para realização do presente trabalho. Foi muito gratificante ter convivido com você nestes 23 meses. Agradeço por tudo!

À minha co-orientadora, Dr. Caroline Wesp Guterres, pela amizade, orientação e todos ensinamentos transmitidos.

Ao professor Dr. Carlos Eduardo Blanco Linares e a URI/FW, pelo apoio, ensinamentos e espaço concedido para o desenvolvimento das pesquisas.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente pelos ensinamentos.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente, Adriana e Valdecir, pela competência, eficiência e disponibilidade de sempre ajudar.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas de laboratório Eduardo Ceolin, Eduardo Balem, Mateus, João, Gabriele, Guilherme Karling, Guilherme Tomazi e Higor pela grande ajuda prestada na condução do

trabalho e pelos momentos de descontração, pois, mesmo nos momentos mais complicados achamos motivos para sorrir e fazer piadinhas.

À Forzare Agronegócios pelo apoio que recebi para que pudesse concluir os estudos.

Aos componentes da banca examinadora Juliane e Cristiano, agradeço pelo aceite e disponibilidade para participarem da banca.

Meu agradecimento especial a todas as pessoas cujos nomes foram omitidos, mas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

“Todas as coisas são possíveis para aquele que crê” (Marcos, 9, 23).

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO DE ISOLADOS DE *Sclerotinia sclerotiorum* E MANEJO DO MOFO-BRANCO E NEMATOIDE-DAS-GALHAS UTILIZANDO INDUTORES DE RESISTÊNCIA NA CULTURA DA SOJA

AUTORA: Thais Pollon Zanatta

ORIENTADORA: Stela Maris Kulczynski

RESUMO

O fungo *Sclerotinia sclerotiorum* é causador do mofo-branco, uma das principais doenças da cultura da soja, tanto pelos prejuízos ocasionados, como pela dificuldade de controle, devido a uma ampla gama de hospedeiros e à formação de escleródios como estruturas de sobrevivência. Os nematoides-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) ocasionam o comprometimento do sistema radicular, reduzindo a absorção de água e nutrientes, interferindo no desenvolvimento adequado das plantas e consequentemente reduções significativas na produtividade. Pesticidas com alta toxicidade e elevado número de pulverizações protetivas são necessários para o manejo do mofo-branco e fitonematoides, os quais vem promovendo impactos irreversíveis no ambiente, na saúde humana e na resistência adquirida pelos patógenos. Assim, os indutores de resistência constituem uma alternativa para o manejo integrado de doenças, promovendo uma agricultura mais sustentável, pois ativam os mecanismos latentes de proteção dos vegetais. Diante disso, objetivou-se realizar a caracterização morfológica e patogênica de 20 isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, avaliar o efeito de indutores de resistência no manejo do mofo-branco e nematoides-das-galhas e avaliar o período de proteção induzida pelos eliciadores estudados, no envolvimento de algumas enzimas como amônia-liases de fenilalanina, peroxidases e polifenoloxidase. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen/RS. Vinte isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* foram caracterizados quanto a sua morfologia, avaliando características como tempo necessário para o fungo ocupar a placa; densidade do micélio formado, coloração das colônias, velocidade de crescimento micelial, formação ou não de escleródios, tempo para formação do primeiro escleródio, quantidade total de escleródios formados por placa, formato, distribuição na colônia e peso dos escleródios. Além de ser caracterizados patogênicamente pelo método da folha destacada. Para avaliação da indução de resistência no controle do mofo-branco e nematoide-das-galhas o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x9, sendo duas cultivares de soja (BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO) e oito indutores de resistência (Big Red®, Supa Sílica®, Yantra®, Reforce®, Supa Cobre®, Phyto Dunger®, Kellus Imune® e Bion®) + testemunha (plantas não tratadas e inoculadas), com seis repetições. Para mofo-branco foi avaliado dois isolados (LF02 e LF06) e para nematoides duas espécies (*M. arenaria* e *M. incognita*). Para avaliar o efeito da aplicação de indutores de resistência na expressão de mecanismos de defesa considerou-se um experimento fatorial 2x8x8, sendo duas cultivares (BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO), oito tempos de coleta das folhas (1, 2, 4, 6, 8, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos indutores (API)) e oito indutores (Big Red®, Supa Sílica®, Yantra®, Reforce®, Supa Cobre®, Phyto Dunger®, Kellus Imune® e Bion®). As

populações avaliadas apresentaram ampla variabilidade para as características morfológicas e patogênicas. Não foi possível verificar a existência de grupos comuns devido à alta diversidade genética. Os isolados apresentaram diferentes níveis de agressividade, sendo os dois mais agressivos LF02 e LF06. A maioria dos indutores de resistência testados foram eficientes no controle de *S. sclerotiorum* e *M. arenaria* e *M. incognita*, que variam conforme cultivar e época de cultivo, reduzindo os sintomas da doença em relação à testemunha. Os indutores de resistência Bion®, Kellus Imune®, Supa Sílica®, Supa Cobre® e Big Red® resultaram no melhor controle do mofo-branco e nematoide-das-galhas para todos os parâmetros avaliados. Destacam-se os indutores Kellus Imune®, Reforce® e Phyto Dunger® como os melhores eliciadores, pois proporcionaram os melhores incrementos a atividade das enzimas amônia-liases de fenilalanina, peroxidases e polifenoloxidase. Por apresentarem baixa toxicidade aos seres humanos e por agirem diretamente no metabolismo da planta, não apresentando qualquer efeito direto sobre os organismos alvo, esses produtos demonstram-se como promissores na indução de resistência, podendo ser indicados para o manejo integrado de doenças na cultura da soja.

Palavras chave: mofo-branco, controle alternativo, soja, nematoide-das-galhas, peroxidase, amônia-liases de fenilalanina, peroxidases e polifenoloxidase

CHARACTERIZATION OF ISOLATES OF *Sclerotinia sclerotiorum* AND MANAGEMENT OF WHITE MOLD AND ROOT-KNOT NEMATODE USING RESISTANCE INDUCTORS IN SOYBEAN CULTURE

AUTHOR: Thais Pollon Zanatta

ADVISOR: Stela Maris Kulczynski

ABSTRACT

The fungus *Sclerotinia sclerotiorum* causes white mold, one of the main diseases of the soybean crop, due to the damage caused, as well as the difficulty of control, due to a wide range of hosts and the formation of sclerotia as survival structures. The root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) cause root system compromise, reducing the absorption of water and nutrients, interfering with the proper development of plants and consequently significant reductions in productivity. Pesticides with high toxicity and high number of protective sprays are necessary for the management of white mold and phytonematoids, which have been promoting irreversible impacts on the environment, human health and resistance acquired by pathogens. Thus, resistance inducers are an alternative for the integrated management of diseases, promoting a more sustainable agriculture, as they activate latent plant protection mechanisms. The objective of this study was to perform the morphological and pathogenic characterization of 20 isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*, to evaluate the effect of resistance inducers on the management of white mold and root-knot nematode and to evaluate the protection period induced by the elicitors studied involvement of some enzymes such as phenylalanine ammonia-lyases, peroxidases and polyphenoloxidase. The experiments were conducted at the Federal University of Santa Maria, campus Frederico Westphalen/RS. Twenty isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* were characterized for their morphology, evaluating characteristics as time required for the fungus to occupy the plaque; density of mycelium formed, colony coloration, mycelial growth velocity, formation of sclerotia, formation of the first sclerotium, total amount of sclerodes formed by plaque, shape, distribution in the colony and weight of sclerodes. In addition to being pathogenically characterized by the detached leaf method. In order to evaluate resistance induction in the control of white mold and root-knot nematode, the experimental design was completely randomized in a 2x9 factorial scheme, two soybean cultivars (BMX Lança IPRO and BMX Elite IPRO) and eight resistance inducers (Big Red®, Supa Silica®, Yantra®, Reforce®, Supa Cobre®, Phyto Dunger®, Kellus Imune® and Bion®) + control (untreated and inoculated plants) with six replicates. For white-mold, two isolates (LF02 and LF06) and two species nematodes (*M. arenaria* and *M. incognita*) were evaluated. In order to evaluate the effect of the application of resistance inducers on the expression of defense mechanisms, a 2x8x8 factorial experiment was used, two cultivars (BMX Lança IPRO and BMX Elite IPRO), eight leaf collection times (1, 2, 4, 6, 8, 24, 48 and 72 hours post-inducer (HPI)) and eight inducers (Big Red®, Supa Silica®, Yantra®, Reforce®, Supa Cobre®, Phyto Dunger®, Kellus Imune® and Bion®). The evaluated populations presented wide variability for the morphological and pathogenic characteristics. It was not possible to verify the existence of common groups due to the high genetic diversity. The isolates showed different levels of aggressiveness, the two being more aggressive LF02 and LF06. Most of the resistance inducers tested were efficient in controlling *S. sclerotiorum* and *M. arenaria* and *M. incognita*, which varied according to cultivar and growing season, reducing the symptoms of the disease in relation to the control. Bion®, Kellus Imune®, Supa Silica®, Supa Cobre® and Big Red® inducers resulted in the best control

of white mold and root-knot nematode for all evaluated parameters. The Kellus Imune®, Reforce® and Phyto Dunger® inductors stand out as the best elicitors, since they provided the best increases in the activity of the phenylalanine ammonia-lyase enzymes, peroxidases and polyphenoloxidase. Because they present low toxicity to humans and because they act directly on plant metabolism and do not have any direct effect on the target organisms, these products are shown to be promising in the induction of resistance and can be indicated for the integrated management of diseases in the culture of the plant soybean.

Key words: white mold, alternative control, soybean, root-knot nematode, phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase, polyphenoloxidase.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Caracterização dos isolados de acordo com as culturas de onde foram coletados, os municípios de coleta, os coletores e o ano de coleta de cada isolado de <i>S. sclerotiorum</i> utilizado nos experimentos. Frederico Westphalen, RS, 2018.	32
Tabela 2 – Velocidade de crescimento micelial (VCM), índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), número e porcentagem de isolados de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	38
Tabela 3 – Número total de escleródios, tempo para formação e peso médio dos escleródios dos isolados de <i>S. sclerotiorum</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	41
Tabela 4 – Severidade às 48, 72, 96 e 120 horas após a inoculação (HAI) através da escala de Garcia (2008) segundo inoculação de diferentes isolados de <i>S. sclerotiorum</i> em folíolos de soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.	43

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, concentração de i.a. e dose comercial dos indutores de resistência avaliados quanto à reação ao mofo-branco na cultura da soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.	53
Tabela 2 – Tamanho final da lesão do mofo-branco (<i>S. Sclerotiorum</i>) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO inoculadas e tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	56
Tabela 3 – Tamanho final da lesão do mofo-branco (<i>S. Sclerotiorum</i>) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO inoculadas e tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	57
Tabela 4 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) mofo-branco (<i>S. Sclerotiorum</i>) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO inoculadas e tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	58
Tabela 5 – Severidade da doença (AACPD) mofo-branco (<i>S. sclerotiorum</i>) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	60
Tabela 6 – Número de escleródios do mofo-branco (<i>S. Sclerotiorum</i>) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	61

CAPÍTULO III

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, concentração de i.a. e dose comercial dos indutores de resistência avaliados quanto à reação do nematoide-das-galhas na cultura da soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.	74
Tabela 2 – Massa seca de parte aérea e massa fresca de raiz de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de <i>M. arenaria</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	77
Tabela 3 – Número de ramificações e número de legumes de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de <i>M. arenaria</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	79
Tabela 4 - Número de galhas em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de <i>M. arenaria</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	81
Tabela 5 – Massa seca de parte aérea e massa fresca de raiz de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de <i>M. incognita</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	83
Tabela 6 - Número de ramificações e número de legumes em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de <i>M. incognita</i> . Frederico Westphalen, RS, 2018.	84
Tabela 7 – Número de galhas, população final e fator de reprodução de fitonematoides em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de <i>M. incognita</i> . Frederico Westphalen, 2018.	87

CAPÍTULO IV

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, concentração de i.a. e dose comercial dos indutores de resistência avaliados quanto produção de enzimas na cultura da soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.	107
Tabela 2 – Atividade da enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	110
Tabela 3 – Atividade da enzima peroxidase (POX) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	113
Tabela 4 – Atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.	117
Tabela 5 – Atividade de proteínas em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	120

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 – Municípios de origem dos isolados de *S. sclerotiorum*, segundo mapa do Rio Grande do Sul. Frederico Westphalen, RS, 2018..... 33
- Figura 2 – Escala diagramática de sintomas de *S. sclerotiorum* em folíolos de soja (*Glycine max*) (GARCIA, 2008), Frederico Westphalen, RS, 2018. 36
- Figura 3 – Tipos de micélio predominantes nas colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: abundante, B: ralo e C: irregular. Frederico Westphalen, RS, 2018. 39
- Figura 4 - Coloração predominante nas colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: branca e B: bege. Frederico Westphalen, RS, 2018. 39
- Figura 5 – Distribuição de escleródios na placa das colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: regulares próximos a margem da placa, B: círculos concêntricos e C: dispersos na colônia. Frederico Westphalen, RS, 2018. 40
- Figura 6 – Formato dos escleródios formados na placa das colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: formato arredondado, B: formato irregular e C: formato diversos. Frederico Westphalen, RS, 2018. 42
- Figura 7 – Comparação entre os diferentes níveis de agressividade, de acordo com a lesão formada em folíolos de soja, após 120 horas de inoculação. Frederico Westphalen, RS, 2018. ... 44
- Figura 8 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de 20 isolados inoculados em soja pelo método da folha destacada. Frederico Westphalen, RS, 2018. 45

CAPÍTULO II

- Figura 1 – Inoculação com disco de micélio de *S. sclerotiorum*, fixado com fita adesiva transparente no local do ferimento em plantas de soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.....54

CAPÍTULO IV

- Figura 1 – Atividade da enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.....111
- Figura 2 – Atividade da enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.....112

Figura 3 – Atividade da enzima peroxidase (POX) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	114
Figura 4 – Atividade da enzima peroxidase (POX) em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.	115
Figura 5 – Atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.....	118
Figura 6 – Atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.....	119
Figura 7 – Teor de proteína em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.....	121
Figura 8 – Teor de proteína em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.....	122

LISTA DE APÊNDICES

CAPÍTULO II

APÊNDICE A – Análise de variância para as variáveis tamanho final da lesão e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *S. sclerotiorum*. Frederico Westphalen, 2018.

APÊNDICE B – Análise de variância para as variáveis severidade e número de escleródios de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *S. sclerotiorum*. Frederico Westphalen, 2018.

CAPÍTULO III

APÊNDICE A – Análise de variância para as variáveis massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, 2018...99

APÊNDICE B – Análise de variância para as variáveis número de ramificações e número de legumes de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, 2018..100

APÊNDICE C – Análise de variância para as variáveis número de galhas, população final e fator de reprodução de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, 2018.....101

APÊNDICE D – Análise de variância para as variáveis massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.102

APÊNDICE E – Análise de variância para as variáveis número de ramificações e número de legumes de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.103

APÊNDICE F – Análise de variância para as variáveis população final, fator de reprodução e número de galhas de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.....104

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
2 CAPITULO I - CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E PATOGÊNICA DE DIFERENTES ISOLADOS DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ORIUNDOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	30
2.1 INTRODUÇÃO	30
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
2.2.1 Obtenção dos isolados	31
2.2.2 Caracterização morfológica de isolados de <i>S. sclerotiorum</i>	33
2.2.3 Caracterização micelial das colônias	34
2.2.4 Taxa de crescimento micelial	34
2.2.5 Caracterização dos escleródios produzidos	35
2.2.6 Caracterização patogênica de isolados de <i>S. sclerotiorum</i> através do método da folha destacada	35
2.2.7 Análise estatística	37
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
2.3.1 Caracterização morfológica de isolados de <i>S. sclerotiorum</i>	37
2.3.2 Caracterização patogênica de isolados de <i>S. sclerotiorum</i>	43
2.4 CONCLUSÕES	46
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
3 CAPITULO II - INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> EM SOJA	50
3.1 INTRODUÇÃO	50
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	52
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.4 CONCLUSÃO	63
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
4 CAPÍTULO III – INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO DE <i>Meloidogyne arenaria</i> E <i>Meloidogyne incognita</i> EM SOJA	71
4.1 INTRODUÇÃO	71
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS	73
4.3 RESULTADOS	75
4.3.1 Efeito de indutores de resistência sobre <i>Meloidogyne arenaria</i> em cultivares de soja	75
4.3.2 Efeito de indutores de resistência sobre <i>Meloidogyne incognita</i> em cultivares de soja	81

4.4 DISCUSSÃO	88
4.5 CONCLUSÃO	93
4.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
5 CAPÍTULO IV – INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA: INDUTORES ABIÓTICOS E ATIVIDADE ENZIMÁTICA ELICITADA EM SOJA	105
5.1 INTRODUÇÃO	105
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS	106
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
5.4 CONCLUSÃO	123
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

1 INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max*) representa uma das principais *commodities* produzidas no mundo, sendo utilizada tanto na alimentação humana e animal, como na produção de biodiesel. Esta leguminosa possui expressiva magnitude econômica em abrangência mundial. No Brasil, na safra de 2017/2018 a produção de soja alcançou recorde de 119 milhões de toneladas, 4,3% superior à safra passada. A estimativa de 35,2 milhões de hectares semeados na safra 17/18 é 3,7% superior ao cultivado na safra 2016/17 e 69,9% maior do que a safra 2006/07. Atualmente a cultura da soja corresponde à cerca de 57% da área total semeada com grãos no país (CONAB, 2018).

O aumento significativo ocorrente na produção de soja ao longo do tempo pode ser atribuído a diversos aspectos, destacando o elevado teor de proteínas (em torno de 40%) de excelente qualidade. Possui considerável teor de óleo (em torno de 20%), podendo também ser utilizado na produção de biocombustíveis. Além da cultura apresentar alta liquidez e demanda, principalmente, nas últimas décadas, houve expressivo aumento da oferta de tecnologias de produção, possibilitando ampliar consideravelmente a área e a produtividade da oleaginosa (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2011).

Existem diversos fatores que podem ocasionar perdas na produção, dentre eles, pragas, doenças, condições climáticas e manejo. Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematóides e vírus já foram identificados no Brasil. Esse número continua aumentando devido à expansão da soja para novas áreas e como consequência do monocultivo. Algumas doenças podem ocasionar perdas de até 100% (EMBRAPA, 2010).

Dessa maneira, a ocorrência de doenças na cultura, acarreta, muitas vezes, um aumento significativo no custo de produção, e ao mesmo tempo, maior contaminação do meio ambiente causada pelo uso excessivo e indiscriminado de insumos agrícolas visando controlar os patógenos. Neste sentido, entre as principais doenças, se destacam as causadas pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary e pelo nematoide-das-galhas, do gênero *Meloidogyne*, patógenos que causam grandes prejuízos na cultura da soja em condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento.

O mofo-branco, é uma doença causada pelo fungo *S. sclerotiorum* (Lib.) De Bary, patógeno cosmopolita e inespecífico, podendo infectar mais de 400 espécies de plantas, entre elas, monocotiledôneas e dicotiledôneas (BOLAND & HALL, 1994), destacando-se: a soja, o

girassol, a canola, a ervilha, o feijão, a alfafa, o fumo, o tomate e a batata (LEITE, 2005), e também plantas infestantes (VIEIRA, 1988).

A característica mais marcante deste patógeno é a formação de escleródios bem desenvolvidos, estes são formados após a diminuição de nutrientes, ocorrendo a fusão das hifas vegetativas, processo que envolve mudanças celulares, mobilização e deposição de muitas substâncias (LE TORNEAU, 1979). Após produzidos em plantas infectadas, posteriormente a colheita, estes irão retornar ao solo agregados aos resíduos das culturas, podendo então garantir a perpetuação do fungo nos próximos cultivos (SCHWARTZ & STEADMAN, 1978).

Na cultura da soja, a doença só foi constatada no Brasil em 1975, no Estado do Paraná, causando perdas de até 70% de plantas infectadas em lavouras destinadas à produção de sementes (FERREIRA et. al., 1981). Estima-se que 6 milhões de hectares no Brasil apresentam a doença, número preocupante já que a área com agricultura em nosso País é de 70 milhões de hectares cultivados, ou seja 8,6% das áreas estão com o patógeno (FILHO; JUNIOR, 2014).

Além do fungo *S. sclerotiorum*, outro grupo de patógenos que destacam-se como limitante ao rendimento da soja, são os nematoides fitopatogênicos. Segundo Ferraz (2001), mais de 100 espécies de nematoides, envolvendo cerca de 50 gêneros, foram associadas a cultivos de soja em todo o mundo. Dentre as espécies de nematoides fitoparasitas da cultura da soja, observa-se que as que mais causam danos são *Heterodera glycines* (Ichinohe 1952), *Meloidogyne incognita* (Kofoid; White, 1919) Chitwood 1949 e *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood 1949, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood 1949, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev; Shuurmans Stekhoven, 1941 e *Rotylenchulus reniformis* Linford (Oliveira, 1940). Outros gêneros de nematoides que não causam prejuízos podem ser encontrados em associação a lavouras de soja, tais como: *Helicotylenchus* spp., *Criconemella* spp., *Xiphinema* spp. e *Trichodorus* spp. (LEHMANN et al., 1977; ANTONIO, 1988; SHARMA, 2002; GOMES et al., 2003; LOPES, 2015).

Dentre os patogênicos à cultura, o gênero *Meloidogyne*, compreende as principais espécies de fitonematoides que afetam a produção agrícola no mundo, fato este ligado a sua ampla distribuição geográfica, extensa gama de hospedeiros e envolvimento em complexos de doenças com bactérias e fungos (SASSER, 1979; MOENS et al., 2009).

Plantas de soja infectadas com *Meloidogyne* sp. apresentam raízes com grande número de galhas e necrose nos tecidos, o que compromete sua capacidade de absorver água e nutrientes. As

galhas são engrossamentos radiculares de tamanhos variados, nas quais estão alojadas de uma a dezenas de fêmeas sedentárias do nematoide (INOMOTO & SILVA, 2011). Plantas severamente atacadas exibem sintomas como subdesenvolvimento, amarelecimento, murcha e manchas cloróticas nas folhas, conhecidas como folha-carijó (ASMUS, 2001).

No Brasil, a espécie mais comum é *M. javanica*, que tem ocorrência generalizada e causa perdas de 10% a 40% em locais de solos arenosos ou médio-arenosos. A espécie *M. incognita* predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão e está associada à sucessão de cultura soja-algodão e soja-milho. Além destas espécies, a soja pode ser parasitada por *M. arenaria*, *M. ethiopica*, *M. paranaeses* e *M. enterololii* (INOMOTO & SILVA, 2011; MIRANDA et al., 2011).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* possuem alto grau de polifagia, podendo ser encontrados em diversas culturas, pois apresentam alta competitividade biológica. Na cultura da soja, as plantas parasitadas por *M. arenaria*, *M. incognita* ou *M. javanica* caracterizam-se pela presença de grande número de galhas radiculares, tanto nas raízes secundárias como na raiz principal. Desta maneira, o sistema radicular fica atrofiado e os vasos do xilema ficam comprimidos, causando uma desorganização do cilindro vascular. Além da intensa formação de galhas, pode-se notar alta emissão de raízes secundárias (FREITAS et al., 2001). Na parte aérea, observa-se crescimento lento e desigual, com enfezamento das plantas, principalmente na parte central das reboleiras. Também ocorre desequilíbrio nutricional, expresso principalmente por clorose leve a intensa e necrose entre as nervuras, conhecidas como folha “carijó”, além de murchamento de plantas durante o período mais quente do dia, declínio vagaroso, queda prematura de folhas e queda na produção. Os sintomas podem variar de acordo com os níveis populacionais ocorrentes no solo no momento do plantio, da espécie de *Meloidogyne* presente na área, das cultivares e do manejo fitotécnico adotado (LORDELLO, 1992; FERRAZ, 2010).

A prevenção da entrada do nematoide em áreas não infestadas e a sua disseminação são as principais medidas de controle (FREITAS et al., 2001). O controle dos fitonematoides é, de modo geral, tarefa de difícil realização, e sua erradicação total é praticamente impossível. Cada situação requer cuidadosa análise antes da definição dos métodos de controle a ser utilizados, e uma vez estabelecidos em determinada área, os fitonematoides podem, muitas vezes, ter suas populações reduzidas e mantidas em níveis baixos por meio da adoção de medidas adequadas de controle (FERRAZ, 1999).

O planejamento das estratégias de controle de *S. sclerotiorum* e *Meloidogyne* spp. é de suma importância para o sucesso, tendo em vista a integração de vários métodos buscando adequar as condições da lavoura ao menor grau possível de condições ideais para desenvolvimento da doença (PEREIRA et al., 2013). Atualmente as formas de controle para esses patógenos são difíceis e onerosas, sendo as medidas recomendadas inseridas no manejo integrado da doença, adotando-se conjuntamente métodos de controle genético, cultural, químico e biológico. Em razão da maioria das práticas utilizadas no controle dessas doenças não satisfazerem o controle e custo-benefício desejados, pesquisadores trabalham na busca de outras formas de controle, sem que haja queda na produtividade e aumento no custo de produção.

Devido a esta dificuldade de controle por meio de ação direta sobre o patógeno, estudos têm sido realizados buscando alternativas de controle das doenças em soja, por meio de indução de resistência da planta, através da aplicação de substâncias bióticas e abióticas capazes de ativar o mecanismo de defesa vegetal.

A resistência induzida é um fenômeno biológico complexo, sem alteração do genoma da planta, ocorrendo de maneira inespecífica através da ativação de genes envolvidos em diversas respostas de defesa, incluindo a hipersensibilidade, barreiras estruturais, aumento de síntese de fitoalexinas e acúmulo de proteínas relacionadas a patogênese (PRP's) (RESENDE et al., 2003; RODRIGUES et al., 2006; ROMEIRO et al., 2008).

O uso de agentes potencializadores e/ou indutores de defesa da planta é uma alternativa que atende os requisitos de eficiência no controle e menor impacto ambiental. Apesar de não evitar a doença, a maioria dos agentes reduz a sua intensidade entre 20 e 85%, além de apresentar amplo espectro e longa duração (WALTERS & FOUNTAINE, 2009). Dentre os inúmeros agentes utilizados para mitigação destas doenças em plantas, destacam-se: o silício, fosfito de potássio, acibenzolar-S-metil e cobre.

O silício é um elemento mineral, o qual acumulado nos tecidos vegetais está relacionado a uma redução na intensidade de diversas doenças. Em aplicações foliares o mecanismo de ação sugerido é a formação de uma barreira físico-química pela deposição do Si sobre a superfície foliar, resultando em aumento da rigidez da cutícula devido a polimerização do Si abaixo da mesma, como pelo reforço da parede celular (LIANG et al., 2005). Em arroz, o Si reduziu a severidade da brusone, da mancha parda e da queima das bainhas por meio da alteração de vários

componentes epidemiológicos (DALLAGNOL et al., 2009; RODRIGUES et al., 2003; SEEBOLD et al., 2001).

Os fosfitos são compostos originados da neutralização do ácido fosforoso (H_3PO_3) por uma base (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou hidróxido de amônio). Por não serem fitotóxicos e possuírem elevada atividade fungicida (COHEN & COFFEY, 1986) e possível ação de ativação de mecanismos de defesa da planta, como o estímulo à produção de fitoalexinas (GUEST & GRANT, 1991; JACKSON et al., 2000), podem ser uma alternativa ao tratamento com fungicidas convencionais. Existem ainda fosfitos comerciais, como o Reforce®, um adubo foliar que contém 25,0% K_2O + 35,0% P_2O_5 (p/v). A ação deste produto está atribuída à capacidade de induzir a produção de substâncias como filoalexinas e diversas proteínas, entre elas enzimas, conferindo à planta maior resistência às adversidades (AGRICHEM, 2018), porém, não há trabalhos específicos que comprovem sua eficácia em soja, contra o mofo branco e nematoide das galhas.

O acibenzolar-S-metil (ASM) tem sido uma das substâncias químicas envolvidas na ativação de mecanismos de resistência mais pesquisada, principalmente por promover proteção em plantas a doenças fúngicas, bacterianas e virais, em diferentes estudos (STEINER & SCHÖNBECK, 1995; WALTERS et al., 2005). Para nematoides, os resultados também têm sido promissores. Em feijão caupi (*Vigna unguiculata*) e em soja a aplicação de ASM em plântulas com sete dias após emergência, promoveu redução de 50% de *R. reniformis* e *M. javanica* (CHINNASRI et al., 2003). O produto também foi eficiente no manejo de populações mistas de nematoides, composta por *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, em cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), de *M. javanica* em soja e de *P. brachyurus* no milho (*Zea mays*) (CHAVES et al., 2004; PUERARI et al., 2013).

Diante do exposto, nota-se que estudos sobre a indução de resistência ainda são escassos, principalmente em relação à cultura da soja. Dessa forma, torna-se importante a busca por novos resultados, já que a indução de resistência é um mecanismo importante na redução do desenvolvimento de doenças de difícil controle, como é o caso do mofo-branco e nematoide-das-galhas. A eficiência de elicitores é passível de ser avaliada através da determinação do conteúdo de fenilpropanoides, da atividade fotossintética, de enzimas-chave da rota biossintética, análises anatômicas e de crescimento das plantas.

Desta forma, este trabalho foi dividido em quatro capítulos com os seguintes objetivos: i) realizar a caracterização morfológica e patogênica de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* no estado do Rio Grande do Sul; ii) avaliar a eficiência de indutores de resistência em plantas de soja no controle do mofo-branco (*S. sclerotiorum*); iii) avaliar a eficiência de indutores de resistência em plantas de soja no controle dos nematoides-das-galhas (*M. arenaria* e *M. incognita*); iv) avaliar a reação enzimática a partir da aplicação de agentes indutores de resistência em plantas de soja.

1.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICHEM. **Produtos**. Disponível em: <http://www.agrichem.com.br/produtos/22>. Acesso em 12/09/2018.

ANTÔNIO, H. Avaliação das perdas causadas por *Meloidogyne incognita* raça 4 no cultivar BR-4 de soja. **Nematologia Brasileira**, v. 12, p. 29-34, 1988.

ASMUS, G. L. **Danos causados à cultura da soja por nematóides do gênero *Meloidogyne***. In: SILVA, J. F. V. (Org.). Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p. 39-62.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, Lancaster, v. 11, n.7, p.1-16, 2006.

CHAVES, G. M. Estudos sobre *S. sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Experientiae**, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 69-133, 1964.

CHINNASRI, B.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Effects of acibenzolar-S-methyl application to *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, v. 35, n.1, p. 110-114, 2003.

COHEN, Y.; COFFEY, M. D. Systemic fungicides and the control of oomycetes. **Annual Review of Phytopathology**. v. 24. p. 311-338, 1986.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2012**. CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 08 de setembro de 2018.

DALLAGNOL, L. J.; RODRIGUES, F. A.; MIELLI, M. V. B.; MA, J. F.; DATNOFF, L. E. Defective Active Silicon Uptake Affects Some Components of Rice Resistance to Brown Spot. **Phytopathology**, St Paul, v. 99, n. 1, p. 116-121, 2009.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil**, 2011. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010, 255p.

FERRAZ, L. C. C. B. **As meloidogynoses da soja: passado, presente e futuro**. In: SILVA, J.F.V. (Org.) Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja. Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia, p-15-38. 2001.

FERRAZ, L. C. C. B. **Gênero *Pratylenchus* – os nematóides das lesões radiculares**. In.: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Ed.). Revisão Anual de Patologia de Plantas. Passo Fundo: RAPP, 1999, v. 7, cap. 4, p. 157-195.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematóides**. Viçosa: UFG, 2010. 306 p.

FERREIRA, L.P; LEHMAN, P.S; ALMEIDA, A.M.R. **Moléstias e seu controle**. In: MIYASAKA, S.J; MEDINA, J.C. (eds.) *A soja no Brasil*. Campinas: IAC-ITAL, 1981. p.603-627.

FILHO, C. R. D.; JUNIOR, R. R. **Mofo-Branco**. 2014. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/artigo/mofo-branco_194395.html. Acesso em: 02 de novembro de 2018.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D'A. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: UFV, 2001, 84 p.

GOMES, G. S.; HUANG, S. P.; CARES, J. E. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 258-266, 2003.

GUEST, D. I.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Review.**, v. 66. p. 159-187, 1991.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja. Documentos 319. Londrina, Pr. 2011.

INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A. **Importância dos nematóides da soja e influência da sucessão de cultura**. Boletim de Pesquisa da soja 2011, Rondonópolis, n. 15, p. 392-399, 2011.

JACKSON, T. J.; BURGESSA, T; COLGUHOUNB I.; HARDYA, G. E. Action of the fungicide phosphite on *Eucaliptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**. v. 49. p. 147-154. 2000.

LE TOURNEAU, D. Morphology, cytology and physiology of *Sclerotinia* species in culture. **Phytopathology**, Lancaster., v. 69, p. 887–890. 1979.

LEHMANN, P. S.; ANTONIO, H.; BARKER. K. R. **Ocorrência de Nematoides em soja nos estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso**. II Reunião de Nematologia. Sociedade Brasileira de Nematologia. nº 2, 1977.

LEITE, R. M. V. B. C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 3p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 76).

LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; SI, J.; RÖMHELD, V. Effects of foliar-and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, n. 5, p. 678-685, Oct, 2005.

LOPES, C. M. L. **Populações de nematoides fitoparasitas em áreas de cultivo de soja, algodão, café e de vegetação nativa do Cerrado na região Oeste da Bahia.** 2015. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas.** 8. ed. São Paulo: Nobel, 1992. 314 p.

MIRANDA, D. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. **Nematóides – um desafio constante.** Boletim de Pesquisa da Soja 2011, Rondonópolis, n. 15, p. 400-414, 2011.

MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. **Meloidogyne Species – a diverse groups of novel and importante plant parasites.** In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L., eds. Root-knot Nematodes. Camdridge, MA, USA, CABU North America Office, p. 1-17. 2009.

PEREIRA, F. S.; BORGES, L. P.; GUIMARÃES, G. R.; SILVA, A. DA; GONÇALVES, R. N.; CARVALHO, L. R DE; TEIXEIRA, I. R. Estratégias de controle de mofo-branco do feijoeiro. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1354.** 2013.

PUERARI, H. H.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; TAVARES-SILVA, C. A.; ARIEIRA, J. O.; BIELA, F.; POLETINE, J. P. Ecolife® e fosfito de manganês no controle de *Meloidogyne javanica* e no desenvolvimento de cultivares de soja suscetível e resistente ao nematoide. **Nematropica.** Vol. 43, No. 1 (June 2013).

RESENDE, M. L. V.; SALGADO, S. M. L.; CHAVES, Z. M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira, v. 28, n. 2, p. 123-130,** 2003.

RODRIGUES, A. A. C.; BEZERRA NETO, E.; COELHO, R. S. B. Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. **Fitopatologia Brasileira, v. 31, p. 492-499,** 2006.

RODRIGUES, F. A.; BENHAMOU, N.; DATNOFF, L. E.; JONES, J. B.; BELANGER, R. R. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicone-mediated rice blast reistance. **Phytopathology, St Paul, v. 93, n. 5, p. 535-546,** 2003.

ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos.** In: PASCHOLATTI, S. F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J. R.; CIA, P. (Orgs) Interação planta-patogeno: Fisiologia e Biologia Molecular. Piracicaba. Fundação de Estudos Agrários Luis de Queiroz. p. 411-429, 2008.

SASSER, J. N. **Pathogenicity, host and variability in Meloidogyne species.** In: LAMBERTI, F. & TAYLOR, C. E. (Ed.). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* species) – Systematics, biology and control. New York: Academic Press, 1979, p.257-268.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. Factors affecting sclerotium populations of, and apothecium production by *Sclerotinia sclerotiorum*, **Phytopathology.**, Saint Paul, v. 68, p. 383-388, 1978.

SEEBOLD, K. W.; KUCHAREK, T. A.; DATNOFF, L. E.; CORREA-VICTORIA, F. J.; MARCHETTI, M. A. The influence of cilicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistant, and resistant cultivars of rice. **Phytopathology**, St Paul, v. 91, n. 1, p. 63-69, 2001.

SHARMA, R. D.; CAVALCANTE, M. J. B.; MOURA, G. M.; VALENTIN, J. F. Nematoides associados a genótipos de soja cultivados no Acre, Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 109-111, 2002.

STEINER, U.; SCHÖNBECK, F. **Induced disease resistance in monocots**. In: HAMERSCGMIDT, R.; KUC, J. (Eds). Induced resistance to disease in plants. Dordrech: Kluwer Academic Publication, v.4 p.86-110, 1995.

VIEIRA, R. **Doenças e pragas do feijoeiro**. Viçosa: UFU, p. 231, 1988.

WALTERS, D. R.; FOUNTAINE, J. M. Practical application of induced resistance to plant diseases: na appraisal of effectiveness unde field conditions. **The Journal of Agricultural Science**, New York, v.147, n.5, p. 523-535, 2009.

WALTERS, D. R.; WALSH, D.; NEWTON, A. C.; LYON, G. D. Induced resistance for plant disease control: maimizing the efficacy of resistance elicitors. **Phytopathology**, v. 95, p. 1368-1373, 2005.

2 CAPITULO I - CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E PATOGÊNICA DE DIFERENTES ISOLADOS DE *Sclerotinia sclerotiorum* ORIUNDOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

2.1 INTRODUÇÃO

O mofo-branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.), é uma doença com distribuição mundial, infectando mais de 400 espécies de plantas, com exceção de espécies da família Poaceae (JULIATTI et al., 2015). Dentre as mais importantes culturas atacadas pelo fungo estão o feijão, a soja, o algodão, o girassol, o tomate e a batata (DEMANT, 2010).

Temperaturas amenas, entre 18-23°C e condições de alta umidade, favorecem a ocorrência do patógeno. Com baixa incidência da doença por hectare, esta pode ocorrer esporadicamente e em pequenas reboleiras, não causando perdas significativas às culturas. Porém, a utilização de sementes contaminadas e/ou infectadas, safras contínuas em monocultivo, sucessão de culturas com espécies suscetíveis ou hospedeiras, temperaturas noturnas amenas (abaixo de 18 °C), chuvas prolongadas durante o cultivo, excesso de adubações nitrogenadas e irrigação sem controle da quantidade de água fornecida (LEITE, 2005; JULIATTI & JULIATTI, 2010; SILVA et al., 2010) fazem com que o mofo-branco se dissemine, assumindo grande importância econômica e social.

Devido a abundante produção de escleródios, os quais possibilitam a sobrevivência do fungo no solo por mais de 10 anos, o mofo-branco é considerado uma doença de difícil controle (REIS; TOMAZINI, 2005). Para o bom controle de doenças é fundamental o entendimento da etiologia, da morfologia e da patogenicidade dos patógenos (KOHLI et al., 2003). Ainda existem relativamente poucas informações sobre a etiologia, patogenicidade e morfologia de *S. sclerotiorum* na literatura, especialmente para as condições do Sul do Brasil.

A variabilidade de isolados de *S. sclerotiorum* foi relatada em vários trabalhos. Em 1930, Dickson estudou 33 isolados e encontrou diferença entre a densidade de micélio, que variou de ralos a aéreos, e nas taxas de crescimento de micélio. Morral et al. (1972), estudando 114 isolados de *S. sclerotiorum*, oriundos de 23 hospedeiros, coletados no Canadá, verificaram variações na cor das colônias, na taxa de crescimento e abundância dos micélios e variações na quantidade, formato e tamanho de escleródios. Em 19 isolados oriundos da região do Alto Paranaíba-MG, Corradini (1989) observou grande variabilidade no que se refere ao crescimento e

diâmetro de colônias, tipo e cor de micélio, produção, peso e distribuição de escleródios e na produção de apotécios.

Segundo Pariud et al. (2009), pode-se avaliar a agressividade dos isolados de diversas formas, seja pela eficiência de infecção, pelo período latente, pela taxa de produção de esporos e pelo tamanho da lesão. Lehner et al. (2015) compararam a agressividade de 20 isolados de *S. sclerotiorum* e determinaram a relação entre a agressividade e a variabilidade destes. Conforme os autores foram observados níveis de agressividade semelhantes entre os isolados coletados em quatro estados brasileiros. Porém, não houve relação entre a agressividade e as características morfológicas de pigmentação micelial, taxa de crescimento e produção de escleródios.

O presente trabalho teve como objetivo realizar o levantamento, a caracterização morfológica e patogênica de isolados de *S. sclerotiorum* obtidos em campos de produção comercial no estado do Rio Grande do Sul.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Santa Maria, campus Frederico Westphalen/RS.

2.2.1 Obtenção dos isolados

Isolados de *S. sclerotiorum* foram coletados em 20 diferentes campos de produção comercial contaminados do estado do Rio Grande do Sul. Após a coleta, realizada por colaboradores, as amostras (ou isolados) foram armazenados em sacos de papel (temperatura ambiente) e enviados ao Laboratório de Fitopatologia da UFSM, *campus* Frederico Westphalen/RS. A identificação dos isolados, as culturas de onde foram coletados, os municípios de coleta, os coletores e o ano de coleta de cada isolado estão especificados na Tabela 1.

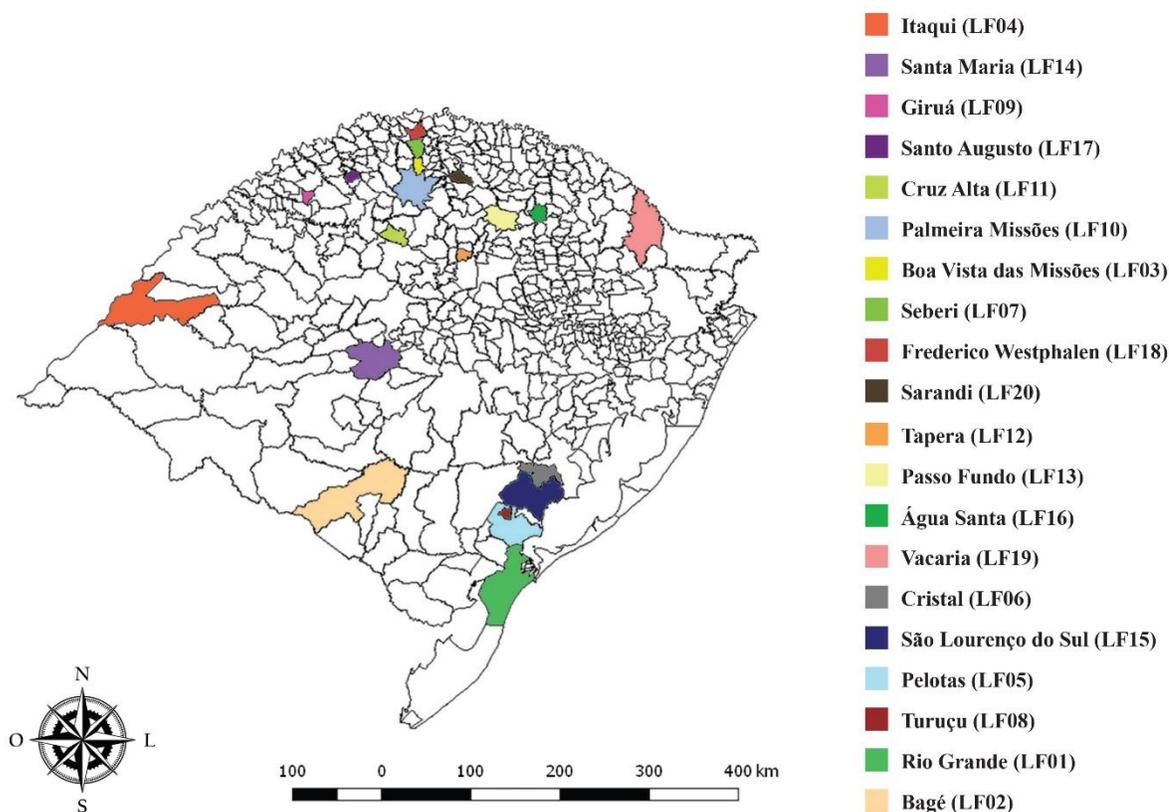
Foram analisados 20 isolados de *S. sclerotiorum* provenientes de distintas cidades do estado do Rio Grande do Sul, sendo a maior parte dos isolados coletados em lavouras de soja. No entanto, também fizeram parte do estudo isolados de cultivos de nabo, canola e alface. No mapa apresentado na Figura 1, pode-se verificar a localização dos municípios onde as coletas foram realizadas.

Tabela 1 - Caracterização dos isolados de acordo com as culturas de onde foram coletados, os municípios de coleta, os coletores e o ano de coleta de cada isolado de *S. sclerotiorum* utilizado nos experimentos. Frederico Westphalen, RS, 2018.

CÓD. ISOLADOS	Cultura de coleta	Municípios de coleta	Coletor	Ano
LF01	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Rio Grande	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF02	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Bagé	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF03	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Boa Vista das Missões	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF04	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Itaqui	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF05	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Pelotas	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF06	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Cristal	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF07	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Seberi	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF08	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Turuçu	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF09	Canola (<i>Brassica napus</i> L.)	Giruá	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF10	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Palmeira das Missões	Carla Janaína Werner (Sementes Dallazen)	2017
LF11	Nabo (<i>Brassica rapa</i> L.)	Cruz Alta	Nelson Neto (UNICRUZ)	2017*
LF12	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Tapera	Anderson Moresco (UPL)	2017
LF13	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Passo Fundo	Carolina Deuner (UPF)	2017*
LF14	Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Santa Maria	UFSM	2017*
LF15	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	São Lourenço do Sul	Cristiano Bellé (UFPel)	2017*
LF16	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Água Santa	Alexandre Nicola (UNIAGRO)	2017
LF17	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Santo Augusto	Willian Araldi (DUPONT)	2017
LF18	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Frederico Westphalen	Bruno Schneider (UFSM)	2017
LF19	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Vacaria	Carolina Deuner (UPF)	2017*
LF20	Soja (<i>Glycine max</i> L.)	Sarandi	Thais Pollon Zanatta	2017

* Ano em que os isolados foram enviados

Figura 1 – Municípios de origem dos isolados de *S. sclerotiorum*, segundo mapa do Rio Grande do Sul. Frederico Westphalen, RS, 2018.



Para realização das avaliações de caracterização morfológica e fisiológicas de cada isolado, os escleródios foram primeiramente desinfestados superficialmente com álcool 70% e hipoclorito de sódio 1%, ambos por 1 minuto. Posteriormente, foram enxaguados em água destilada e esterilizada. Os escleródios foram colocados no centro de placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) e incubados em BOD sob condições controladas de temperatura (18 ± 2 °C) e fotoperíodo (12 horas).

2.2.2 Caracterização morfológica de isolados de *S. sclerotiorum*

A caracterização dos isolados de *S. sclerotiorum* foram baseadas nos parâmetros de desenvolvimento e aspecto morfológico do fungo no meio BDA.

A instalação do ensaio foi realizada com a inoculação de escleródios em placas de Petri contendo meio de cultura BDA. Inicialmente os escleródios obtidos foram desinfestados conforme item 2.1. As avaliações foram realizadas diariamente, durante um período de 30 dias, a partir da incubação dos escleródios nas placas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e a unidade experimental composta por uma placa de *Petri*.

2.2.3 Caracterização micelial das colônias

As características avaliadas para a caracterização do micélio foram: tempo necessário para o fungo ocupar a placa de *Petri* (90 mm), avaliado diariamente até o fungo atingir a borda da placa de *Petri*; densidade do micélio formado, avaliado aos 30 dias após inoculação, classificado em 3 categorias, sendo A - abundante (quando uma espessa e uniforme camada de micélio se formou sobre o meio), R - ralo (quando apenas uma fina e homogênea camada se desenvolveu sobre o meio) ou I - irregular (quando não houve um padrão de formação do micélio sobre o meio ou entre as placas do mesmo isolado); coloração das colônias, avaliado aos 30 dias após inoculação, classificadas em 4 categorias, sendo BR - branca, BE - bege, MA - marrom ou PE - preta (CHAVES 1961; CORRADINI, 1989).

2.2.4 Taxa de crescimento micelial

Foram feitas avaliações diárias do crescimento micelial por meio de medições (cm) do crescimento radial da colônia em dois eixos ortogonais, e posteriormente calculada uma média, para posterior determinação da velocidade de crescimento micelial (VCM) e índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM).

O VCM foi determinado através da divisão da medida do crescimento final pelo número de dias que o patógeno demorou para crescer, sendo os resultados expressos em mm dia⁻¹. Para a variável IVCM, foram analisados quatro intervalos, sendo 0 - 24, 24 - 48, 48 - 72 e 72 - 96 horas de incubação e após calculado, utilizando-se a fórmula adaptada de Oliveira (1991):

$$IVCM = \frac{\sum(D - Da)}{N}$$

Sendo:

IVCM = índice de velocidade de crescimento;

D = diâmetro médio atual da colônia;

Da = diâmetro médio da colônia no dia anterior;

N = número de dias após a inoculação.

2.2.5 Caracterização dos escleródios produzidos

As características avaliadas para a caracterização dos escleródios foram: formação ou não de escleródios; tempo para formação do primeiro escleródio (dias), sendo considerado como escleródio formado o que atingiu o terceiro estágio de gênese, o qual é conhecido como maturação, ocorre delimitação de superfície, deposição de células periféricas ricas em melanina e consolidação da medula interna (TOWNSEND e WILLETTS, 1954); quantidade total de escleródios formados (contabilizado aos 30 dias após incubação); forma dos escleródios, sendo AR – arredondado, IR- irregular e DI – diversos; distribuição de escleródios na colônia, classificados em: AU - ausentes, DC - dispersos na colônia, RPM - regulares próximo a margem, em CC - círculos concêntricos e no C - centro; peso dos escleródios (gramas) após serem retirados das placas e secos a temperatura ambiente por 48 h (CHAVES, 1961; CORRADINI, 1989).

2.2.6 Caracterização patogênica de isolados de *S. sclerotiorum* através do método da folha destacada

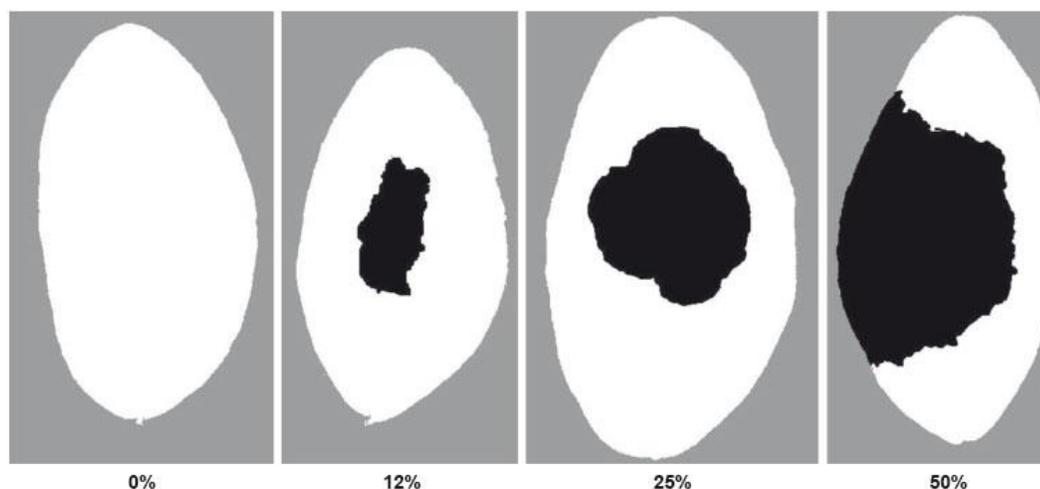
Após a caracterização morfológica, os isolados foram caracterizados patogenicamente por meio da metodologia de inoculação da folha destacada (GARCIA, 2008). Para isso, sementes de soja da cultivar BMX Lança IPRO foram semeadas em vasos de 3L contendo substrato esterilizado em casa de vegetação. Quando as plantas alcançaram o estágio fenológico V4 (quarto nó) (FEHR; CAVINESS, 1977) os trifólios foram destacados da planta mãe com auxílio de uma tesoura e colocados em caixas plásticas esterilizadas contendo cinco lâminas de vidro e duas folhas de papel filtro previamente umedecidas com água destilada e esterilizada.

A escolha da cultivar BMX Lança IPRO se deu pelo fato da mesma ser muito utilizada por produtores do Rio Grande do Sul e esta apresentando a campo uma alta susceptibilidade ao mofo-branco.

Os isolados foram inoculados, colocando-se um disco de BDA, com a cultura do fungo com cinco dias de idade, sobre o centro do folíolo da folha de soja, com o micélio do fungo em contato direto com a superfície da folha. Após a inoculação, os folíolos foram mantidos a 20 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. Foram inoculados e avaliados quatro folíolos por isolado. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e a unidade experimental composta por um caixa tipo “gerbox”.

As avaliações da severidade da doença (área foliar doente) iniciaram-se 24 horas após a inoculação, com base em escala diagramática (GARCIA & JULIATTI, 2008) (Figura 2), estendendo-se até o período de 120 horas após a inoculação, tendo um intervalo entre avaliações de 24 horas.

Figura 2 – Escala diagramática de sintomas de *S. sclerotiorum* em folíolos de soja (*Glycine max*) (GARCIA, 2008), Frederico Westphalen, RS, 2018.



Com os valores das notas de severidade em cada avaliação, calculou-se, para cada isolado, os valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), pela seguinte equação (SHANER e FINNEY, 1977):

$$AACPD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} \right] * [(T_{i+1} - T_i)]$$

Onde:

n –número de observações.

Y_i –severidade da doença na “i”-ésima observação;

T_i –tempo em dias na “i”-ésima observação;

2.2.7 Análise estatística

Todos os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skott-Knott, a 1 % de probabilidade, pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Caracterização morfológica de isolados de *S. sclerotiorum*

A análise de variância demonstrou diferença significativa entre os 20 isolados de *S. sclerotiorum* para as variáveis referentes a caracterização morfológica. O teste de médias de Scott-Knott ($p < 0,1$) separou os isolados em 10 grupos distintos, de acordo com o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM) e apresentou coeficiente de variação de 4,2% (Tabela 2).

O isolado de crescimento mais lento foi LF19 (Cidade Vacaria, cultura soja), que apresentou média de crescimento de 4,57 mm dia⁻¹, com IVCM de 18,27. O isolado com maior crescimento foi LF08 (Cidade de Turuçu, cultura da soja) apresentou média de crescimento de 13,73 mm dia⁻¹, tendo IVCM de 54,91 (Tabela 2). Dos isolados, 20% apresentaram crescimento diário de micélio entre 10,08 e 10,48 (Tabela 2).

Tabela 2 – Velocidade de crescimento micelial (VCM), índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), número e porcentagem de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

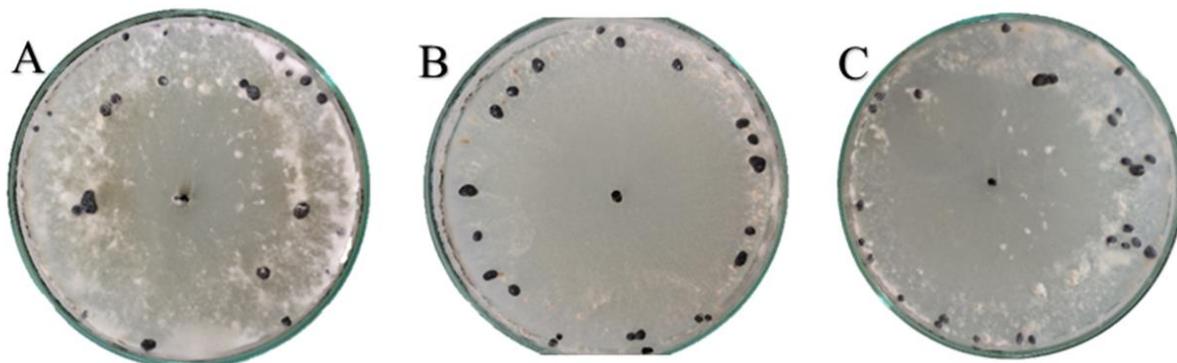
GRUPO SCOTT KNOTT	VCM (mm.dia⁻¹)	IVCM	Nº ISOLADOS	% ISOLADOS
A	13,73	54,91	1	5
B	12,710 - 12,262	50,84 - 53,05	3	15
C	11,77 - 12,20	47,09 - 48,80	3	15
D	11,19 - 11,47	44,76 - 45,88	2	10
E	10,67	42,74	1	5
F	10,08 - 10,48	40,33 - 41,94	4	20
G	9,24	36,97	1	5
H	7,12	28,5	1	5
I	6,27 - 6,46	25,10 - 25,86	3	15
J	4,57	18,27	1	5
CV (%)	3,9	4,2		

Todos os isolados avaliados completaram as placas de Petri com micélio cerca de 96 horas após incubação, corroborando com os dados de Corradini (1989), que avaliou 19 isolados de *S. sclerotiorum* e observou que as colônias atingiram o diâmetro máximo da placa no final de 120 horas de incubação.

As velocidades de crescimento micelial encontradas neste trabalho variaram de 13,73 a 6,09 mm dia⁻¹. Estes valores estão abaixo dos encontrados por Abreu (2011), onde dois isolados mais lentos (UFLA 20 e UFLA 23) apresentaram média de crescimento de 14,75 mm dia⁻¹.

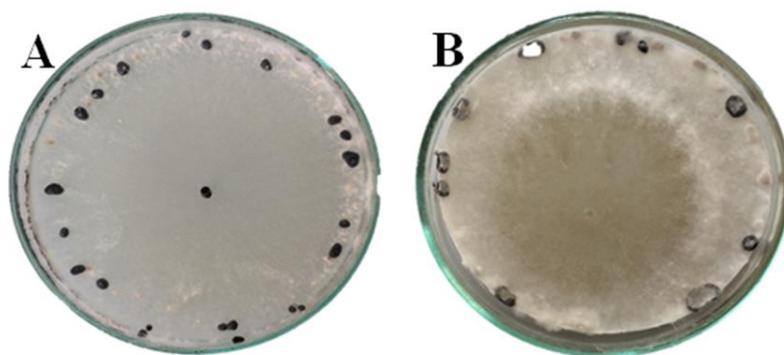
Para a variável tipo de micélio produzido, 20% dos isolados apresentaram micélio abundante e 30% micélio irregular, ou seja, não houve um padrão de formação de micélio nas placas. Metade dos isolados (50%) apresentaram crescimento micelial ralo, caracterizado por uma fina camada de micélio cobrindo a superfície da placa (Figura 3). Dados similares foram obtidos por Grabicoski (2012) ao avaliar 57 isolados de *S. sclerotiorum*. Esta classificou o micélio em 3 tipos, sendo predominante o micélio do tipo irregular. Corradini (1989) também obteve resultados semelhantes, onde 50% dos isolados apresentaram micélio ralo.

Figura 3 – Tipos de micélio predominantes nas colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: abundante, B: ralo e C: irregular. Frederico Westphalen, RS, 2018.



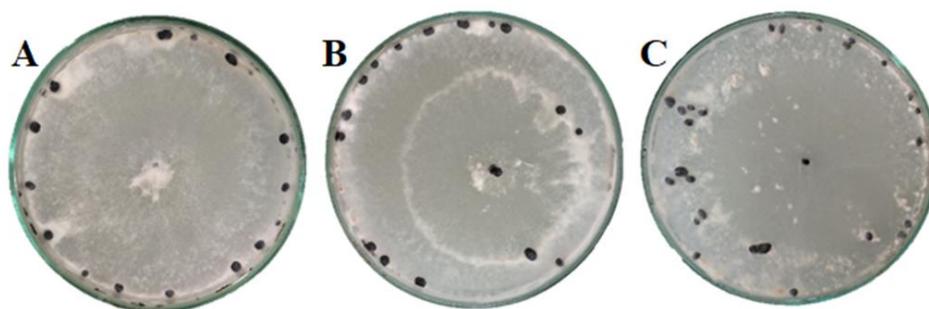
Quanto à coloração predominante nas colônias desenvolvidas sobre o meio BDA, os isolados foram caracterizados em duas categorias distintas, sendo observada coloração branca (BR) e bege (BE) (Figura 4). Dos 20 isolados avaliados, 70% (14 isolados) apresentaram coloração bege (Figura 4), corroborando com os resultados encontrados por Abreu (2011), onde maioria dos isolados apresentou coloração predominantemente bege (58%). O oposto foi encontrado por Corradini (1989), Grabicoski (2012) e Purdy (1955), que verificaram predominância de micélio branco nos isolados de *S. sclerotiorum* cultivados em meio BDA.

Figura 4 - Coloração predominante nas colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: branca e B: bege. Frederico Westphalen, RS, 2018.



Todos os isolados analisados apresentaram produção de escleródios. A distribuição foi de 60% dos escleródios encontrados foi regulares próximos a margem da placa, 25% encontravam-se dispersos na colônia e 15% encontravam-se em círculos concêntricos (Figura 5).

Figura 5 – Distribuição de escleródios na placa das colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: regulares próximos a margem da placa, B: círculos concêntricos e C: dispersos na colônia. Frederico Westphalen, RS, 2018.



Em relação ao tempo necessário para a formação do primeiro escleródio de cada isolado, a análise de variância demonstrou que houve diferença significativa entre os isolados. O teste de médias Scott Knott ($p < 0,01$) separou os isolados em três grupos distintos, com coeficiente de variação de 8,38% (Tabela 4). O tempo para formação de escleródios variou de 10,67 dias com os isolados LF02 (Cidade de Bagé, cultura da soja) e LF11 (Cidade de Cruz Alta, cultura do nabo), até 18 dias, com isolado LF08 (Cidade de Turucu, cultura da soja) (Tabela 4).

Dados semelhantes foram encontrados por Grabicoski (2012), sendo que o tempo médio para a formação de escleródios variou de 11,8 a 15,4 dias. Já para Abreu (2011), o tempo para formação de escleródio nos isolados avaliados variou de 4 a 12,44 dias. Pesquisas ainda não conseguiram definir qual o tempo médio para a formação dos escleródios e se o tempo de formação influencia na agressividade dos mesmos.

O número de escleródios por placa variou de 9,67 escleródios para o isolado LF13 (Cidade Passo Fundo, cultura soja) até 28,17 para o isolado LF09 (Cidade Giruá, cultura soja), apresentando diferença significativa entre os isolados, separando os isolados em quatro grupos distintos pelo teste de médias Scott Knott ($p < 0,01$), (Tabela 3). Os dados encontrados no trabalho apresentaram variabilidade, corroborando com trabalhos desenvolvidos por Abreu (2011), sendo

que o número de escleródios variou de 10,33 a 46, e por Grabicoski (2012), variando de 16,6 a 57,2 escleródios por placa, porém o presente trabalho apresentou menor produção de escleródios.

O peso médio dos escleródios por placa variou de 0,0825 g para o isolado LF11 (Cidade Cruz Alta, cultura nabo) a até 0,2368g para o isolado LF06 (Cidade Cristal, cultura soja). A análise de variância dos pesos médios individuais dos escleródios demonstrou que houve diferença significativa entre eles, separando em quatro grupos distintos, de acordo com seu peso em gramas, apresentando coeficiente de variação de 22,18% (Tabela 3).

Tabela 3 – Número total de escleródios, tempo para formação e peso médio dos escleródios dos isolados de *S. sclerotiorum*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

CÓD. ISOLADOS	ESCLERÓDIO		
	Número total ¹	Tempo para formação ²	Peso médio ³
LF01	20,83 b	11,33 c	0,1766 b*
LF02	13,33 d	10,67 c	0,1297 c
LF03	19,00 c	15,17 b	0,1719 b
LF04	22,17 b	10,83 c	0,2116 a
LF05	21,83 b	14,33 c	0,2224 a
LF06	11,17 d	11,67 c	0,2368 a
LF07	23,67 b	10,50 c	0,1800 b
LF08	22,67 b	18,00 a	0,1766 b
LF09	28,17 a	11,17 c	0,1846 b
LF10	17,00 c	11,50 c	0,1808 b
LF11	16,33 c	10,67 c	0,0825 d
LF12	17,50 c	11,00 c	0,1543 c
LF13	9,67 d	11,67 c	0,1425 c
LF14	19,00 c	14,83 b	0,1066 d
LF15	11,33 d	11,50 c	0,1149 d
LF16	13,33 d	11,67 c	0,1552 c
LF17	17,83 c	11,17 c	0,1260 c
LF18	17,33 c	11,17 c	0,1541 c
LF19	16,83 c	11,00 c	0,1348 c
LF20	11,33 d	11,50 c	0,1514 c
C.V. (%)	19,27	8,38	22,18

* Resultado do teste de comparação de médias Scott Knott, onde médias seguidas da mesma letra na coluna não diferiram entre si a 1% de probabilidade.

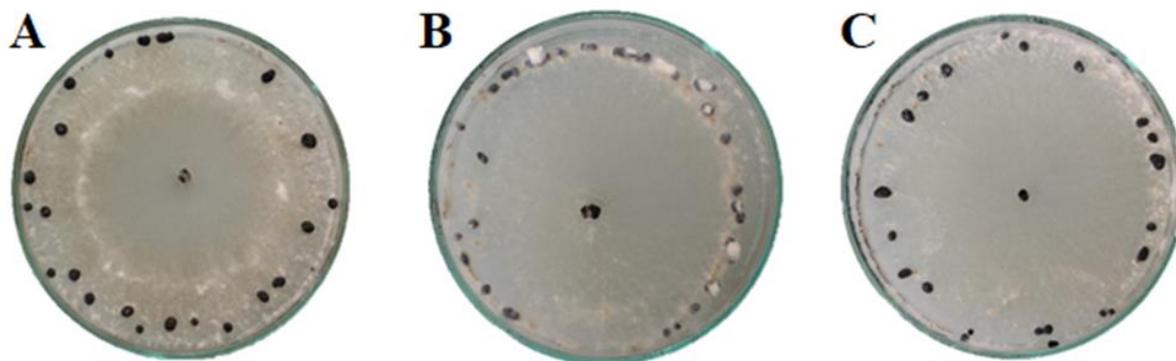
1 - Quantidade de escleródios formados por placa, após 30 dias de incubação;

2 – Tempo necessário para a formação do primeiro escleródio em placa, em dias;

3 – Peso médio dos escleródios, em g.

Quanto ao formato dos escleródios formados, 25% dos isolados apresentaram formato arredondado (cinco isolados), 30% formato irregular (seis isolados) e 45% apresentaram formato diverso (nove isolados). Essa variação no formato dos escleródios pode ser visualizada na Figura 6. Estes dados corroboram aos de Kreyci (2016) que verificou grande parte dos escleródios (75,3%), com formato arredondado. No entanto, divergem de Grabicoski (2012), que classificou a maioria dos isolados (65%) como diversos, com formatos variados.

Figura 6 – Formato dos escleródios formados na placa das colônias de *S. sclerotiorum* em meio de cultura BDA, após 30 dias de incubação, sendo: A: formato arredondado, B: formato irregular e C: formato diversos. Frederico Westphalen, RS, 2018.



As diferenças nas taxas de crescimento micelial e a variação na coloração e no tipo de micélio podem ser atribuídas à variabilidade genética existente entre os isolados (CORRADINI, 1989; GRABICOSKI, 2012; PURDY, 1955). Em um estudo similar, Chaves (1961) avaliou as características morfológicas de diferentes isolados de *S. sclerotiorum* e observou que os mesmos diferiram entre si quanto a velocidade do crescimento micelial, a velocidade de formação, quantidade e tamanho dos escleródios, sugerindo a possibilidade de haver diversidade genética entre os isolados.

Contudo, o estado inicial dos escleródios utilizados nas avaliações pode ter influenciado nas características morfológicas encontradas, já que enquanto no campo, estavam sujeitos a diversas interferências ambientais (GRABICOSKI, 2012). Algumas diferenças entre a velocidade de crescimento, formação de escleródios e características morfológicas verificadas entre os isolados podem ser explicadas por vários fatores, como por exemplo, a idade (BUENO et al., 2006), a profundidade em que se encontravam no solo (escleródios na faixa de 5 a 20 cm da superfície apresentam maior tempo de sobrevivência) (AKAI, 1981; SAHARAN & MEHTA,

2008); o grau e a frequência de seca, visto que os mesmos não tem controle sobre a sua perda de água em caso de encharcamento seguido de seca, causando a perda de diversos nutrientes, e, assim, diminuindo as suas reservas (WILLETS & WONG, 1980). Estes fatores podem contribuir para o crescimento *in vitro* reduzido.

2.3.2 Caracterização patogênica de isolados de *S. sclerotiorum*

Todos os isolados avaliados provocaram lesões nos folíolos da soja. Na Tabela 4 são apresentados os resultados das avaliações a cada 24 horas, a partir de 48 horas após a inoculação (HAI) dos folíolos de soja com os distintos isolados de *S. sclerotiorum*.

Tabela 4 – Severidade às 48, 72, 96 e 120 horas após a inoculação (HAI) através da escala de Garcia (2008) segundo inoculação de diferentes isolados de *S. sclerotiorum* em folíolos de soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.

CÓD. DOS ISOLADOS	SEVERIDADE			
	48 HAI	72 HAI	96 HAI	120 HAI
LF01	1,67 d*	8,33 d	23,83 c	37,83 c
LF02	49,83 a	61,67 a	80,83 a	97,50 a
LF03	2,50 d	9,17 d	15,17 c	23,33 c
LF04	16,17 c	20,00 c	27,50 c	35,00 c
LF05	13,00 c	19,17 c	41,17 b	74,17 a
LF06	40,33 a	55,83 a	71,33 a	88,33 a
LF07	20,00 c	26,67 c	42,50 b	50,00 b
LF08	4,67 d	7,50 d	14,17 c	24,17 c
LF09	10,00 c	17,50 c	40,83 b	50,00 b
LF10	35,17 b	39,17 b	60,00 a	85,00 a
LF11	0,00 d	4,17 d	4,17 d	5,83 d
LF12	0,00 d	1,67 d	2,50 d	2,50 d
LF13	0,00 d	1,50 d	1,50 d	2,33 d
LF14	40,33 a	50,83 a	65,00 a	74,17 a
LF15	0,00 d	0,00 d	0,00 d	0,83 d
LF16	28,50 b	36,67 b	55,83 b	65,83 b
LF17	12,00 c	17,17 c	23,33 c	30,83 c
LF18	11,17 c	16,17 c	33,33 c	51,67 b
LF19	0,00 d	0,00 d	0,00 d	0,83 d
LF20	24,33 b	31,67 b	51,67 b	65,83 b
CV (%)	83,4	69,63	63,36	58,32

* Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna, não diferiram estatisticamente entre si segundo o teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

A partir da análise de variância realizada foi possível observar diferenças significativas entre as notas médias das lesões formadas pelos isolados inoculados em folíolos de soja. Nas 48 HAI, observou-se as notas variando de 49,83 para o isolado LF02 (Cidade Bagé, cultura soja) até 0,00 para os isolados LF11 (Cidade Cruz Alta, cultura nabo), LF12 (Cidade Tapera, cultura soja), LF13 (Cidade Passo Fundo, cultura soja), LF15 (Cidade São Lourenço do Sul, cultura soja), LF19 (Cidade Vacaria, cultura soja). Outros folíolos praticamente encontravam-se sem lesões, como no caso dos folíolos inoculados com os isolados LF15 (Cidade São Lourenço do Sul, cultura soja) e LF19 (Cidade Vacaria, cultura soja), evidenciando diferenças quanto ao potencial de agressividade dos isolados estudados (Tabela 4).

Em 120 HAI, foi possível separar os isolados em quatro grupos distintos de agressividade, sendo que cada nível foi composto de cinco isolados. O nível A, considerado mais agressivo, apresentou lesões que variaram de 74,17 a 97,50 mm. O nível B apresentou lesões variando de 50 a 65,83 mm, o nível C apresentou lesões variando de 23,33 a 35 mm e o nível D, considerado o menos agressivo, apresentou lesões variando de 0,83 a 5,83 mm (Tabela 4).

Na figura 7 são demonstradas as diferenças no tamanho das lesões formadas nos folíolos de soja, segundo os quatro níveis de agressividade encontrados.

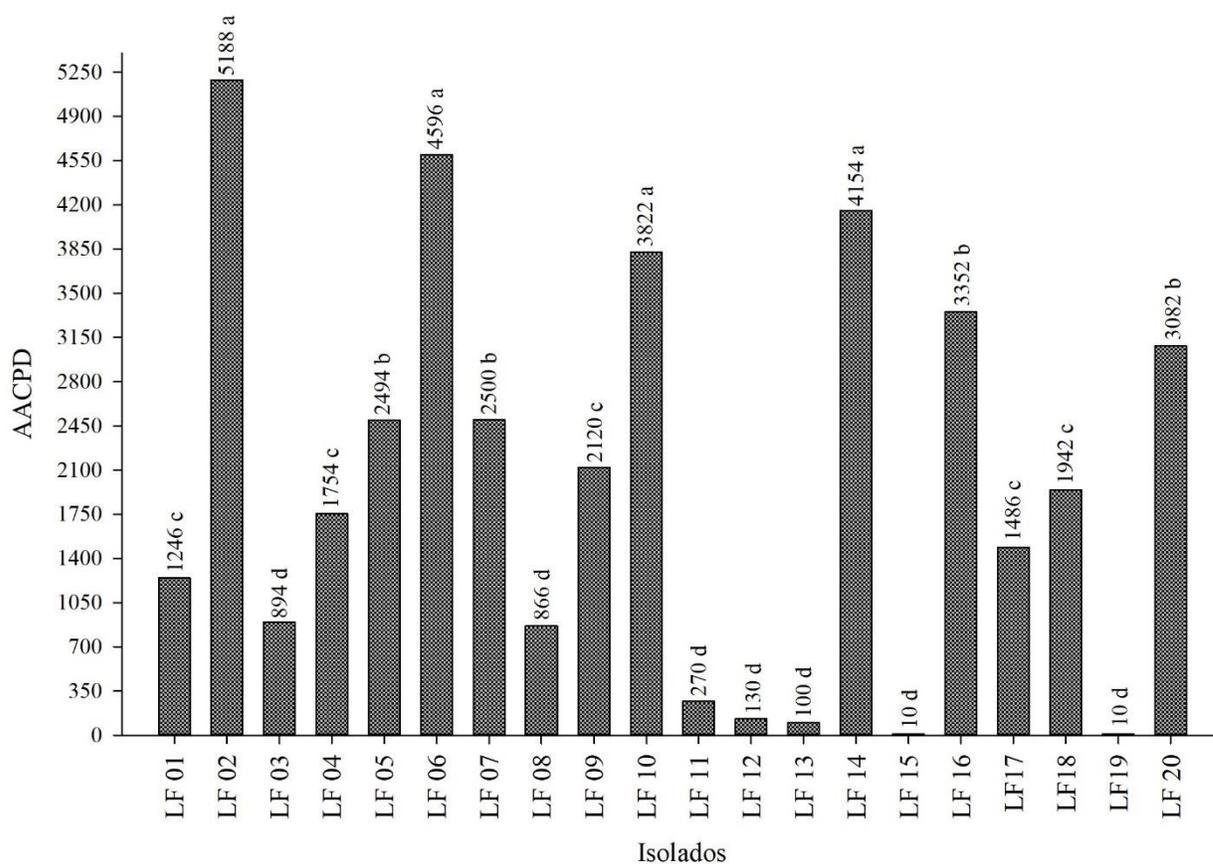
Figura 7 – Comparação entre os diferentes níveis de agressividade, de acordo com a lesão formada em folíolos de soja, após 120 horas de inoculação. Frederico Westphalen, RS, 2018.



Na figura 8 é apresentada a AACPD dos isolados provenientes de diferentes municípios do estado do Rio Grande do Sul inoculados em folíolos de soja. Observou-se que os isolados

LF02 (Cidade Bagé, cultura soja), LF06 (Cidade Cristal, cultura soja), LF14 (Cidade Santa Maria, cultura da alface) e LF10 (Cidade Palmeira das Missões, cultura soja) parecem ser mais agressivos para a soja. Os isolados menos agressivos LF03 (Cidade Boa Vista das Missões, cultura soja), LF08 (Cidade Turuçu, cultura soja), LF11 (Cidade Cruz Alta, cultura nabo), LF12 (Cidade Tapera, cultura soja), LF13 (Cidade Passo Fundo, cultura soja), LF15 (Cidade São Lourenço do Sul, cultura soja) e LF19 (Cidade Vacaria, cultura soja). Diferenças na agressividade de isolados têm sido relatadas por diversos autores, em algumas culturas como a soja (KULL et al., 2004), canola (KOHLI et al., 1995) e girassol (EKINS et al., 2011; MARCIANO et al., 1983).

Figura 8 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) de 20 isolados inoculados em soja pelo método da folha destacada. Frederico Westphalen, RS, 2018.



Os diferentes níveis de agressividade observados no teste da folha destacada podem estar relacionados com a capacidade de produção de ácido oxálico ou com a quantidade das enzimas

que degradam a parede celular do hospedeiro (LUMSDEN, 1979; BOLTON, 2006), apresentando assim, quatro níveis diferentes de agressividade.

As populações avaliadas apresentaram ampla variabilidade para as características morfológicas e de agressividade, porém, não foi possível analisar a existência de grupos comuns que pudessem estar relacionados a origem dos isolados, devido à alta diversidade genética observada.

2.4 CONCLUSÕES

As populações avaliadas apresentaram ampla variabilidade para as características morfológicas, sendo predominante nas colônias micélico tipo ralo e coloração bege. Também, 60% dos escleródios dos isolados apresentaram-se regulares próximo a margem das placas e com formatos diversos.

Os isolados apresentam diferentes níveis de agressividade, sendo os mais agressivos LF02 (Cidade Bagé, cultura soja), LF06 (Cidade Cristal, cultura soja), LF14 (Cidade Santa Maria, cultura da alface) e LF10 (Cidade Palmeira das Missões, cultura soja).

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, G. S.; GROGN R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n.8, p. 899-903, 2011.

AKAI, J, Studies on the epidemiology and control of Sclerotinia disease of beans caused by *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. **Hokkaido Prefectural Agr. Exp. Stn. Reotr.** v. 36, p. 77-79, 1981.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B. D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) DE Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, London, v.1, n.7, p.1-16, 2006.

BUENO, C. J.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SOUZA, N. L. Preservação de fungos fitopatogênicos habitantes do solo. **Summa Phytopathology**, Botucatu, v.32, n.1, p. 42-50, 2006.

CHAVES, G. M. **Estudos sobre *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary**, 1961, 79f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1961.

CORRADINI, H. T. **Característica em cultura pura e patogenicidade de isolados de (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Lib.) de Barry, associados a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na região do Alto Paranaíba-MG.** 1989. 59f. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1989.

DEMANT, C. A. R. Mofobranco e seu manejo no Oeste baiano. **Boletim Passarela da Soja.** Luis Eduardo Magalhaes, v.2, n.2, 2010. 32p.

DICKSON. Studies on *Sclerotinia sclerotiorum* (LIB) de Barry. 1930. **Cornell. Univ.**, Ithaca-NY, 1930. 91p.

EKINS, M.; HAYDEN, H.; AITKEN, E.; GOULTER, K. Populations structure of *Sclerotinia sclerotiorum* on sunflower in Australia. **Australasian Plant Pathology**, Murdoch, v.40, p. 99-108, 2011.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Ames: Iowa State University**, 1977. 12p. (Special Report, 80).

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. Anais... São Carlos, SP: SIB, p. 255-258, 2000.

GARCIA, R. A. **Produção de inoculo, efeitos de extratos vegetais e de fungicidas e a reação de genótipos de soja a *Sclerotinia sclerotiorum*.** 2008. 154p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

GRABICOSKI, E. M. G. **Caracterização morfológica e patogênica de isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary e detecção em sementes de soja.** Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração: Fitopatologia). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2012.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C. Podridão branca da haste da soja: Manejo e uso de fungicidas em busca da sustentabilidade nos sistemas de produção. **Uberlândia: Composer**, 2010. 33p.

JULIATTI, F. C.; SANTOS, J. B.; POZZA, E.; VIEIRA, R. ***Sclerotinia sclerotiorum* e Mofobranco: Estudos básicos e aplicados.** 2015. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/299484987>. Acesso em 06 de março de 2018.

KREYCI, P. F. ***Sclerotinia sclerotiorum*: características morfológicas, agressividade, sensibilidade “in vitro” a fungicidas e resistência de isolados a tiofanato metílico.** Tese (doutorado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 2016.

KOHLI, D. K.; BACHHAWAT, A. K. CLOURE: Clustal Output Reformatter, a program for reformatting ClustalX/ClustalW outputs for SNP analysis and molecular systematics. **Nucleic Acids Research**, v.31, n.13, p. 3501-3502, 2003.

KOHLI, Y.; BRUNNER, L.; YOELL, H.; MILGROOM, M.; ANDERSON, J.; MORRALL, R.; KOHN, L. Clonal dispersal and spatial mixing in populations of the plant pathogenic fungus, *Sclerotinia sclerotiorum*. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 4, p. 69-77, 1995.

KULL, L. S.; PEDERSEN, W. L.; PALMQUIST, D.; HARTMAN, G. L. Mycelial compatibility grouping and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 88, p. 325-332, 2004.

LEHNER, M. S.; PAULA JUNIOR, T. J.; HORA JUNIOR, B. T.; TEIXEIRA, H.; VIEIRA, R. F.; CARNEIRO, J. E. S.; MIZUBUTI, E. S. G. Low genetic variability in *Sclerotinia sclerotiorum* populations from common bean fields in Minas Gerais State, Brazil, at regional, local and micro scales. **Plant Pathology**, Oxford, v.64, p.921-931, 2015.

LUMSDEN, R. D. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, Lancaster, v.69, p.890-896, 1979.

MARCIANO, P.; DI LENNA, P.; MAGRO, P. Oxalic acid, cell wall-degrading enzymes and pH in pathogenesis and their significance in the virulence of two *Sclerotinia sclerotiorum* isolates on sunflower. **Physiological Plant Pathology**, London, v.22, p. 339-345, 1983.

LEITE, R. M. V. B. C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja**. Londrina: Embrapa soja, Comunicado técnico 76, 2005. 3p.

MORRALL, R. A. A.; DUCZEK, L.; SHEARD, J. W. Variations and correlations within morphology, pathogenicity, and pectolytic enzyme activity in *Sclerotinia* from Saskatchewan. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v.50, n10, p. 767-85, Oct. 1972.

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do tratamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) e pimentão (*Capsicum annum* L.)**. 1991. 111p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

PARIUAD, B.; RAVIGNÉ, V.; HALKETT, F.; GOYEAU, H.; CARLIER, J.; LANNOU, C. Aggressiveness and its role in the adaptation of plant pathogens. **Plant Pathology**, Oxford, v.58, p.409-424, 2009.

PURDY, L. H. A broader concept of the species *Sclerotinia sclerotiorum* based on variability. **Phytopathology**, Saint Paul, v.45, p. 421 – 427, 1955.

REIS, E. M.; TOMAZINI, S. L. Viabilidade de esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum* em duas profundidades no solo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.31, p.97-99, 2005.

SAHARAN, G. S.; MEHTA. *Sclerotinia* Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management. **India: Springer**, 2008.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slowmildew in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v.67, p.1051-1055, 1977.

SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C. **Manejo do mofo-branco da soja**. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, H. D.; SILVA, J. R. C. (Ed.). Manejo fitossanitário de cultivos agroenergéticos. Lavras: UFLA, p. 205-214, 2010.

TOWNSEND, B. B.; WILLETTS, H. J. The development of sclerotia in certain fungi. **Transactions of the British Mycological Society**. v. 37, p. 213-221, 1954.

WILLETS, H. J.; WONG, J. A. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. **Botanical review**. v. 46, p. 101-165. 1980.

3 CAPITULO II - INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO CONTROLE DE *Sclerotinia sclerotiorum* EM SOJA

3.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das mais importantes culturas agrícolas em termos de produção mundial, já que os grãos desta cultura são utilizados tanto como fonte de proteína (30-40%) na alimentação ou como óleo vegetal (15-22%) (CHAWLA et al., 2013; MBIRI et al., 2012). Além do mais, é uma das principais espécies vegetais com potencial para produção de biodiesel (MELO et al., 2012).

A superfície cultivada com soja abrange, aproximadamente, 36 milhões de hectares da área agricultável do mundo (USDA, 2018). A área plantada de soja no Brasil na safra 2017/2018 apresentou incremento de 3,7%, saindo de 33.909,4 mil hectares na safra 2016/17 para 35.151,4 mil hectares, na safra 2017/2018. A produção da oleaginosa alcançou recordes de 118 milhões de toneladas produzidos, 3,5% superior à safra passada (CONAB, 2018). Embora seu retorno seja positivo, a cultura pode ser acometida por pragas e doenças que podem reduzir sua produtividade.

Dos mais de 100 agentes fitopatogênicos relatados na cultura da soja, aproximadamente 35 são de importância econômica pelas perdas que ocasionam (HARTMAN et al., 1999). Dentre estes destaca-se o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary agente causal da doença conhecida como mofo-branco, o qual vem se tornando uma das principais doenças da soja tanto pelos prejuízos ocasionados como pela dificuldade de controle (JULIATTI et al., 2011; JULIATTI et al., 2013).

É uma doença de infecção floral cujo o processo infeccioso inicia com a deposição dos ascósporos nas pétalas senescentes (McLEAN, 1958; ABAWI et al., 1975; BOLAND & HALL, 1988). O patógeno sobrevive no solo por vários anos em estruturas denominadas escleródios, que atuam como fonte de inoculo inicial (ADAMS e AEYERS, 1979; BEM-YEPHET et al., 1993) e podendo ser disseminadas junto com as sementes (HARTMAN & HILL, 2010). A transmissão via sementes infectadas com micélio dormente também é outro fator de infestação em novas áreas de produção (HENNING, 2009; HENNEBERG et al., 2011).

O desenvolvimento da doença é favorecido por elevada umidade relativa do ar e temperaturas amenas entre 10°C e 25°C, além da sucessão/rotação com hospedeiros suscetíveis,

elevado número de plantas, chuvas frequentes coincidindo com temperaturas baixas (MICHEREFF et al., 2005).

O manejo do mofo-branco integra várias táticas, como presença de palhada na superfície do solo, menor densidade de plantio, cultivares com floração rápida, uso de *Trichoderma*, entre outras (GABARDO, 2015). Em relação à resistência genética, a maioria das cultivares de soja é suscetível, e, somente resistência parcial é associada a *S. sclerotiorum* (HUYNH et al., 2010). Como medida alternativa de controle de doenças de plantas, tem-se a indução de resistência, que tem como objetivo evitar ou atrasar a entrada e ou subseqüentes atividades do patógeno em seus tecidos.

A indução de resistência consiste no aumento da capacidade de defesa da planta contra um amplo espectro de organismos fitopatogênicos através da ativação de genes que codificam diversos compostos em respostas a fatores externos, representando os mecanismos de defesa das plantas pós-formados (PASCHOLATI & LEITE, 2011) os quais se encontram na forma latente (KOVÁCIK et al., 2007).

Ao longo do tempo, no seu processo adaptativo, as plantas desenvolveram mecanismos próprios de defesas a modo de impedir a infecção por agentes patogênicos. Porém, quando um patógeno não é reconhecido pelas plantas, suas respostas de defesa latentes acabam não sendo ativadas e há desenvolvimento da doença (NETO, 2014). Neste cenário, observa-se a importância da indução de resistência por moléculas elicitoras, que são capazes de ativar ou induzir alguma resposta de resistência no vegetal (SMITH, 1996). A utilização de fertilizantes foliares tem ganhado importância no controle de doenças (DATNOFF et al., 2001), pois, estes além de nutrir as plantas, podem atuar, indiretamente, como indutores de resistência.

Avanços na pesquisa envolvendo a indução de resistência em plantas vem sendo acompanhados pelo desenvolvimento de produtos comerciais que apresentam eficácia, estabilidade e menor impacto ao meio ambiente. Estes produtos podem melhorar a produtividade agrícola pela redução de perdas ocasionadas por estresses bióticos e abióticos, dentro do conceito de amplo espectro de ação, conferido por estes indutores. Resultados promissores foram alcançados com o uso do indutor químico de resistência acibenzolar-S-metil (ASM), onde a aplicação do produto proporcionou proteção contra *Hemileia vastatrix* em mudas de cafeeiro (GUZZO et al., 2001; MARCHI et al., 2002).

Em caupi (*Vigna unguiculata* L.), plântulas tratadas com ASM e inoculadas com *Colletotrichum destructivum* apresentaram aumento da resistência, comprovada com o aumento das enzimas fenilalanina amônio-liase e chalcone isomerase (LATUNDE-DADA & LUCAS, 2001). Dann & Deverall (2000) observaram a ativação da resistência sistêmica em ervilha a *Uromyces viciae* quando as plantas foram tratadas com altas dosagens de ASM e isolados avirulentos de *Pseudomonas syringae* pv. pisi associadas ao aumento da atividade de β -1,3-glucanase e de peroxidase. Na cultura da soja, Gabardo (2015) encontrou resultados promissores na aplicação de manganês, zinco e molibdênio, apresentando potencial de indução de resistência a *S. sclerotiorum* em folhas de soja.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de indutores de resistência no manejo do mofo-branco (*S. sclerotiorum*) na cultura da soja.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen/RS e em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal Farroupilha campus Frederico Westphalen/RS, durante os meses de agosto de 2017 a janeiro de 2018.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x2x9, sendo dois isolados de *S. sclerotiorum* (LF02 e LF06), duas cultivares de soja (BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO) e oito indutores de resistência (Big Red®, Supa Sílica®, Yantra®, Reforce®, Supa Cobre®, Phyto Dunger®, Kellus Imune®, Bion® + testemunha), com seis repetições, sendo cada planta considerada uma unidade experimental. O tratamento testemunha consistiu em plantas inoculadas com *S. sclerotiorum* e pulverizada apenas com água.

Os isolados utilizados são pertencentes à micoteca do Laboratório de Fitopatologia, sendo eles: “LF02”, proveniente de uma área de produção de soja no município de Bagé/RS e “LF06”, proveniente de uma área de produção de soja no município de Cristal/RS, ambos classificados como de alta agressividade, conforme avaliações de caracterização realizadas em laboratório (Capítulo I).

As cultivares de soja BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO possuem ciclo indeterminado e alto índice de ramificação e são classificadas como suscetíveis ao mofo branco. Tais cultivares

foram selecionadas por terem ampla área semeada no estado do Rio Grande do Sul e nas últimas safras apresentando incidência e alta severidade do mofo-branco.

Os indutores de resistência utilizados são registrados comercialmente como fertilizantes foliares. Os produtos foram escolhidos por serem amplamente utilizados e comercializados nos sistemas de produção de diferentes níveis tecnológicos no Rio Grande do Sul (Tabela 1). As aplicações iniciaram quando as plantas apresentaram uma folha totalmente expandida, e após foram aplicados semanalmente, até o momento da inoculação do mofo-branco, totalizando 6 aplicações. A aplicação dos indutores consistia em borrifar os indutores nas plantas até se obter molhamento superficial das mesmas, antes do ponto de escorrimento.

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, concentração de i.a. e dose comercial dos indutores de resistência avaliados quanto à reação ao mofo-branco na cultura da soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo (i.a.)	Concentração de i.a.	Dose Comercial
Big Red®	Óxido Cuproso	500 g ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
Bion®	Acibenzolar S-metílico	500 g ha ⁻¹	25 g ha ⁻¹
Kellus Imune®	Fosfito de potássio + Enxofre + Magnésio + Cobre	697 g ha ⁻¹ + 52 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹ + 10 g ha ⁻¹	1 kg ha ⁻¹
Phyto Dunger®	Cobre + hidroxiamina + salicílicos	48,26 g ha ⁻¹ + 2,1 g ha ⁻¹ + 3,3 g ha ⁻¹	0,1 l ha ⁻¹
Reforce®	Fosfito de potássio	350 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
Supa Cobre®	Cálcio + cobre	277 g ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹
Supa Sílica®	Silicato de potássio	337 g ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹
Yantra®	Fosfito de potássio	440 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹

Para cultivo das plantas de soja, utilizou-se o substrato comercial (Plantmax®) e solo (Latossolo vermelho), em uma mistura na proporção de 2:1. Em cada vaso plástico com capacidade de 4L, foram depositadas três sementes, sendo que após a emergência procedeu-se o raleio, mantendo-se apenas uma planta de soja. A adubação foi realizada conforme as recomendações técnicas para a cultura. Quando necessário, as plantas foram tutoradas com o auxílio de hastes de madeira e cordões de algodão.

Para a produção de discos de micélio, escleródios foram previamente desinfestados em álcool 70% e água sanitária a 0,5%, durante 60 segundos. Após, os escleródios foram enxaguados em água destilada estéril e transferidos para placas de Petri contendo meio BDA (batata, dextrose

e ágar). As placas de Petri foram incubadas em BOD a 22 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas para a germinação micelogênica.

Com o auxílio de um estilete realizou-se um ferimento entre o 2-3º internódio das plantas e posteriormente foi realizada a inoculação com discos de micélio, de sete mm de diâmetro, fixados com fita adesiva transparente no local do ferimento (Figura 1). A inoculação foi realizada quando as plantas atingiram estágio de crescimento entre V4/V5.

As plantas foram mantidas em casa de vegetação, sob a temperatura média de 22 ± 2 °C e umidade relativa superior a 85%.

Figura 1 – Inoculação com disco de micélio de *S. sclerotiorum*, fixado com fita adesiva transparente no local do ferimento em plantas de soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.



As avaliações iniciaram 48 horas após a inoculação, com intervalos de 24 horas, estendendo-se até o 14º dia após inoculação (DAI), onde foram mensurados o tamanho final da lesão na haste principal, a severidade da doença e o número de escleródios por planta inoculada.

Para avaliação da severidade da doença na haste, calculou-se a porcentagem de doença dividindo o comprimento total da haste pelo tamanho final da lesão 14º dia após inoculação. As medidas foram feitas com auxílio de uma régua. Para esse cálculo utilizou-se a seguinte fórmula:

% doença = comprimento da lesão/comprimento da haste (MORAES, 2007). Aos 14 DAI foi contado o número de escleródios por plantas.

A AACPD foi calculada pela seguinte equação:

$$AACPD = \sum_{i-1}^n [Y_{i+1} + Y_i/2] * [(T_{i+1} - T_i)]$$

Onde:

Y_i : severidade da doença na época de avaliação i ($i=1, n$)

Y_{i+1} : severidade da doença na época de avaliação $i+1$

T_i : época de avaliação i , que considerou o número de dias após a emergência das plantas.

T_{i+1} : época de avaliação $i+1$

n : número de observações

O experimento foi realizado duas vezes, em casa de vegetação com ambiente controlado, sob as mesmas condições. Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativo aplicou-se o teste de Tukey, à 5% de probabilidade, por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2000).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os isolados e os indutores de resistência interferiram no desenvolvimento do mofo-branco, em ambas as cultivares de soja, reduzindo o tamanho final da lesão e a AACPD em relação à testemunha (Apêndice A).

Na avaliação do tamanho final da lesão em plantas, os indutores apresentaram interação significativa com as cultivares e os isolados (Tabela 2 e 3). Em ambos os experimentos, a aplicação dos diferentes indutores, nas duas cultivares, apresentaram diferença significativa de eficácia de controle entre si e em relação a testemunha. Para a cultivar BMX Elite IPRO os melhores resultados de controle, em ordem decrescente, foram obtidos com os produtos Bion®, Supa Sílica® e Supa Cobre®. Para a cultivar BMX Lança IPRO, também o melhor controle foi proporcionado pelo indutor Bion®, entretanto os outros dois indutores que apresentaram eficiência, na sequência foram o Kellus Imune® e Big Red®, nos dois experimentos.

Tabela 2 – Tamanho final da lesão do mofo-branco (*S. sclerotiorum*) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO inoculadas e tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Tamanho final da lesão			
	Exp. 1		Exp. 2	
	Cultivares			
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Big Red®	50,92 cA	51,50 dA	51,25 cdA	51,58 dA
Bion®	46,67 dA	46,00 eA	48,58 dA	46,42 eA
Kellus Imune®	52,50 cA	49,92 deB	51,92 cA	50,42 dA
Phyto Dunger®	60,58 bA	59,75 cA	61,08 bA	59,08 cA
Reforce®	61,33 bA	61,58 bcA	61,75 bA	61,92 bcA
Supa Cobre®	50,25 cdA	52,92 dA	50,75 cdA	52,17 dA
Supa Sílica®	48,75 cdB	52,05 dA	49,17 cdA	53,83 dA
Yantra®	63,25 bA	64,00 bA	63,67 bA	64,33 bA
Testemunha	78,17 aA	78,00 aA	78,67 aA	78,17 aA

* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Apenas alguns indutores apresentaram diferença estatística entre as cultivares no que se refere ao tamanho final de lesão. Para o experimento 1, os indutores Kellus Imune® e Supa Sílica® apresentaram diferença entre as cultivares, sendo a maior redução no observado na cultivar BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO, respectivamente. Para o experimento 2, apenas o indutor Bion® apresentou diferença entre as cultivares, sendo a cultivar BMX Elite IPRO a que apresentou maiores médias (Tabela 2).

Analisando-se o efeito dos indutores sobre cada isolado de *S. sclerotiorum*, no experimento 2, verificamos que os produtos atuaram de forma semelhante sobre os isolados LF 02 e LF 06, reduzindo significativamente o tamanho da lesão em relação a testemunha, sendo a maior eficácia observada com a aplicação de Bion®, no entanto não diferindo do indutor Big Red® para o isolado LF 02 e Supa Sílica® e Kellus Imune® para o isolado LF 06 (Tabela 3).

Tabela 3 – Tamanho final da lesão do mofo-branco (*S. sclerotiorum*) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO inoculadas e tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Tamanho final da lesão	
	Exp. 2	
	Isolados de <i>S. sclerotiorum</i>	
	LF 02	LF 06
Big Red®	50,75 deA	52,08 dA
Bion®	47,42 eA	47,58 eA
Kellus Imune®	51,50 dA	50,83 deA
Phyto Dunger®	60,08 cA	60,08 cA
Reforce®	61,08 bcA	62,58 bcA
Supa Cobre®	50,92 dA	52,00 dA
Supa Sílica®	53,61 dA	49,50 deA
Yantra®	64,17 bA	63,75 bA
Testemunha	79,00 aA	77,83 aA

* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Comportando-se de forma semelhante a variável tamanho final da lesão, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) apresentou significância para as interações indutores de resistência x cultivar e entre os indutores de resistência x isolados, em ambos os experimentos (Tabela 4). Nos dois experimentos, a aplicação dos indutores influenciou positivamente no controle da doença reduzindo a AACPD em relação a testemunha, sendo o melhor controle verificado com a utilização do indutor Bion®, embora não tenha diferido do Big Red®, que proporcionou respectivamente nos experimentos 1 e 2, área de 1081 e 1186 (BMX Elite IPRO) e de 1116 e 1080 (BMX Lança IPRO). No entanto não diferiu dos indutores Kellus Imune®, Supa Cobre®, Supa Sílica® e Big Red®.

O único indutor que mostrou efeito de controle diferenciado entre as cultivares, foi o Supa Sílica®, onde o melhor controle foi proporcionado para a cultivar BMX Lança IPRO e no experimento 2 para a cultivar BMX Elite IPRO, embora tenha apresentado efeito contrário no experimento 2 (Tabela 4).

Tabela 4 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) mofo-branco (*S. sclerotiorum*) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO inoculadas e tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

AACPD				
Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	Cultivares			
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Big Red®	1346 deA	1307 cA	1321 cA	1346 deA
Bion®	1081 fA	1116 dA	1186 cA	1080 fA
Kellus Imune®	1286 efA	1314 cA	1315 cA	1268 efA
Phyto Dunger®	1749 cA	1857 bA	1857 bA	1749 cA
Reforce®	1927 bcA	1907 bA	1907 bA	1927 bcA
Supa Cobre®	1367 deA	1286 cdA	1287 cA	1365 deA
Supa Sílica®	1482 dA	1209 cdB	1289 cb	1452 dA
Yantra®	2076 bA	2031 bA	2030 bA	2077 bA
Testemunha	3061 aA	3088 aA	2079 aA	3060 aA
Indutores de resistência	Isolados de <i>S. sclerotiorum</i>			
	LF 02	LF 06	LF 02	LF 06
Big Red®	1295 dA	1357 dA	1299 deA	1368 dA
Bion®	1098 eA	1099 eA	1132 eA	1135 eA
Kellus Imune®	1283 deA	1299 dA	1183 deA	1300 deA
Phyto Dunger®	1799 cA	1806 cA	1799 cA	1806 cA
Reforce®	1875 cA	1959 bcA	1875 cA	1959 bcA
Supa Cobre®	1300 dA	1354 dA	1301 deA	1352 dA
Supa Sílica®	1468 dA	1230 deB	1498 dA	1380 deB
Yantra®	2065 bA	2037 bA	2063 bA	2037 bA
Testemunha	3117 aA	3032 aA	3116 aA	3023 aA

* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados da interação indutores x isolados, para variável AACPD, verificamos que em ambos os experimentos, os indutores apresentaram diferença significativa quanto ao controle em relação a testemunha de ambos isolados de *S. sclerotiorum*. Para o experimento 1 em ambas cultivares, os indutores que apresentaram maior inibição de desenvolvimento dos isolados LF 02 e LF 06, proporcionando redução da AACPD foram Bion® e Kellus Imune®. Para o experimento dois destaca-se os melhores indutores Bion®, Supa Cobre®, Big Red® e Kellus Imune® para o isolado LF 02 e Bion®, Supa Sílica® e Kellus Imune® para o isolado LF 06. O indutor Supa Sílica® foi o único que apresentou efeito

diferenciado sobre os isolados, em ambos os experimentos, sendo seu maior controle exercido sobre o isolado LF 06 (Tabela 4).

A severidade do mofo-branco foi variável com a cultivar, isolado e indutores. Em ambos experimentos a cultivar BMX Lança IPRO apresentou maior susceptibilidade, sendo o isolado LF 06 o mais agressivo. Em ambos experimentos houve interação significativa entre os fatores indutor x cultivar e indutor x isolados (Apêndice B).

Todos os produtos proporcionaram controle significativo da severidade do mofo-branco nas duas cultivares de soja em relação à testemunha, nos dois experimentos. Para a cultivar BMX Elite IPRO, em ambos os experimentos, a maior redução da severidade foi obtida com a aplicação dos produtos Supa Sílica® e Bion®, os quais reduziram a severidade no Experimento 1 em 39,23% e 37,29% e no Experimento 2 em 43,73% e 40,34%, respectivamente. As maiores reduções da doença na cultivar BMX Lança IPRO foi observada com a aplicação dos produtos Bion® e Kellus Imune® os quais proporcionaram reduções de 31,91% e 30,42% (Exp. 1) e de 40,43% e 30,63% (Exp. 2), respectivamente (Tabela 5).

Analisando-se o efeito diferenciado dos indutores entre as cultivares (Tabela 5), observou-se que apenas os indutores de resistência Big Red® e Yantra® (Exp. 1 e Exp.2) e o Supa Sílica® (Exp. 1) diferiram significativamente quanto a sua eficiência de controle proporcionando menor severidade na cultivar BMX Elite IPRO.

Ao avaliarmos o efeito proporcionado pelos indutores sobre os isolados de *S. sclerotiorum* através da variável severidade (Tabela 5), verificamos que estes diferiram quanto a sua eficiência para cada isolado, reduzindo a severidade em relação a testemunha, embora o melhor controle dos dois isolados, em ambos os experimentos tenha sido verificado com a aplicação do indutor Bion®. Redução da severidade do isolado LF 02 também foi proporcionada pelos produtos Supa Sílica®, Kellus Imune®, Yantra® e Supa Cobre®, nos dois experimentos. Para o isolado LF 06 os produtos que também demonstraram controle em relação a testemunha foram Kellus Imune®, Big Red® e Supa Sílica®, em ordem decrescente, em ambos experimentos.

Considerando-se o efeito individual de cada indutor no controle dos isolados, verificamos que os produtos Big Red® (Exp.1 e 2) e Supa Sílica® (Exp.2) exerceram maior controle sobre o isolado LF 06. Já o produto Supa Cobre® mostrou diferença de efeito apenas no experimento 1, mostrando-se mais eficiente no controle do LF 02 (Tabela 5).

Tabela 5 – Severidade da doença mofo-branco (*S. sclerotiorum*) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Severidade (%)			
	Exp. 1		Exp. 2	
	Cultivares			
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Big Red®	56,75 cdB	76,67 aA	58,92 cB	73,67 bcA
Bion®	50,91 cdA	57,25 cA	51,50 cA	50,08 cA
Kellus Imune®	59,33 cdA	58,50 bcA	51,50 cA	58,33 bcA
Phyto Dunger®	83,75 aA	79,33 aA	81,92 aA	83,42 aA
Reforce®	78,41 abA	78,50 aA	79,58 abA	82,33 aA
Supa Cobre®	66,00 bcA	73,08 abcA	63,30 bcA	72,17 bcA
Supa Sílica®	49,33 dB	73,44 abA	48,58 cA	74,94 bcA
Yantra®	59,25 cdB	76,50 aA	84,67 aB	84,67 aA
Testemunha	81,17 abA	84,08 aA	86,33 aA	86,33 aA
Indutores de resistência	Isolados de <i>S. sclerotiorum</i>			
	LF 02	LF 06	LF 02	LF 06
Big Red®	73,00 abcA	60,42 cdB	73,67 abcA	58,92 bcB
Bion®	51,58 dA	56,58 dA	51,75 dA	49,83 cA
Kellus Imune®	60,33 cdA	57,50 dA	60,67 bcdA	56,33 bcA
Phyto Dunger®	77,58 abA	85,50 aA	81,25 aA	84,08 aA
Reforce®	75,08 abcA	81,83 abA	77,42 abA	84,50 aA
Supa Cobre®	63,75 bcdB	75,33 abcA	63,08 bcdA	72,42 abA
Supa Sílica®	58,50 dA	67,33 dA	69,27 abcA	57,08 bcB
Yantra®	62,00 bcdA	66,50 bcdA	59,17 cdA	70,50 abA
Testemunha	82,50 aA	82,75 aA	85,75 aA	83,75 aA

* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Ao serem analisados os diferentes indutores de resistência sobre a eficiência do controle do mofo-branco, através da redução do número de escleródios observou-se que apenas no primeiro experimento, os fatores isolados e os indutores de resistência, assim como a interação cultivar x indutores, interferiram significativamente (Apêndice B). O isolado LF 06, foi o que demonstrou maior agressividade, produzindo maior número de escleródios e os indutores proporcionaram efeito positivo de controle.

Os dados obtidos na Tabela 6 demonstram que a maioria dos produtos embora não tenham diferido entre si, quando aplicados em ambas cultivares, exceto Big Red®, na cultivar BXM

Elite IPRO que não diferiu da testemunha, foram eficientes no controle do mofo-branco reduzindo o número de escleródios quando comparados com a testemunha.

Tabela 6 – Número de escleródios do mofo-branco (*S. sclerotiorum*) em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Número de escleródios	
	Exp. 1	
	Cultivares	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Big Red®	1,83 aA	0,17 bB
Bion®	0,83 bA	0,66 bA
Kellus Imune®	0,25 bA	0,75 bA
Phyto Dunger®	0,42 bB	1,08 bA
Reforce®	0,75 bB	1,67 bA
Supa Cobre®	0,58 bA	0,33 bA
Supa Sílica®	0,42 bB	1,22 bA
Yantra®	0,67 bA	0,83 bA
Testemunha	1,92 aB	3,58 aA

* Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os produtos Phyto Dunger®, Reforce® e Supa Sílica® comportaram-se de forma diferente quando aplicados nas duas cultivares de soja, induzindo maior resistência, expressa pela diminuição da formação de escleródios, quando aplicados na cultivar BMX Elite IPRO, embora esta tenha apresentado menor suscetibilidade aos isolados de *S. sclerotiorum*, como pode ser observado pela testemunha. O indutor Big Red® demonstrou maior eficiência quando aplicado na cultivar BMX Lança IPRO quando comparado com a BMX Elite IPRO (Tabela 6).

Para todas as variáveis avaliadas respostas quanto ao controle de *S. sclerotiorum* foram obtidas com o uso do indutor Bion®. O efeito positivo deste sobre o do patógeno *S. sclerotiorum* em plantas de soja pode ser explicado pelo fato do produto ter como principal componente o acibenzolar-S-metil, análogo do ácido salicílico, que funciona como uma molécula sinalizadora, induzindo a resistência contra o ataque de patógenos, tendo efeito comprovado na ativação da resistência sistêmica adquirida, gerando um aumento das proteínas relacionadas com a patogênese (PR) (CARMONA et al., 2011).

A ação do acibenzolar-S-metil como indutor de resistência tem sido comprovada em diversas culturas, envolvendo vários patossistemas. Destacam-se entre estes: o cacau (*Theobroma cacao* L.), o cafeeiro (*Coffea arabica* L.), o caupi e o tomateiro (RESENDE et al., 2000; MARCHI et al., 2002; RODRIGUES & COELHO, 2002; GURGEL, 2004). Segundo Jakab et al. (2001), a proteção efetiva desse indutor deve-se a uma potencialização dos mecanismos naturais de defesa da planta contra os patógenos.

Em estudo desenvolvido por Yao & Tian (2005) com o fungo *Monilinia fructicola*, o ácido salicílico foi capaz de reduzir o crescimento micelial em 64% e a germinação de esporos em 60%, a uma concentração de 2 mM. Fato também relatado por Iqbal (2010) sobre *Penicillium sp.*, o qual observou o efeito fungicida do ácido salicílico (AS) com reduções de 60% e 100% na germinação de esporos, quando utilizado a 2 e 6 mM, respectivamente.

Chama-se atenção para o desempenho do indutor Kellus Imune®, composto por fosfito de potássio, o qual expressou resultados promissores em algumas variáveis avaliadas. Produtos à base de fosfito de potássio tem seu desempenho comprovado pela ação antifúngica, principalmente frente aos oomicetos como: *Phytophthora*, *Pseudoperonospora*, *Peronospora*, *Plasmopara*, *Pythium*, *Albulgo* e *Bremia*. Os efeitos sobre este grupo de microrganismos consistem na inibição do crescimento micelial (fungistático), mudanças metabólicas que influenciam diretamente no fungo, e supressão de germinação e esporulação (COHEN & COFFEY, 1986; GARBELOTTO et al., 2009).

Diversos trabalhos realizados por Carmona (CARMONA et al., 2009; CARMONA et al., 2008; CARMONA et al., 2006a; CARMONA et al., 2006b; CARMONA, 2006) em nove ensaios no cultivo da soja na Argentina entre os anos de 2005 a 2008, oito com fosfito de potássio e um com fosfito de cobre, demonstraram que o uso de fosfito de potássio reduziu a severidade de doenças de final de ciclo (DFC) e aumentou o rendimento de soja entre 210 a 270 kg ha⁻¹. Outro exemplo de sucesso é no cultivo da batata na Argentina, onde Lobato et al., (2008) demonstraram que fosfito de potássio diminui o ataque de *Phytophthora infestans*, *Rizoctonia solani* e *Fusarium solani*. Estes mesmos autores corroboram a hipótese de que os fosfitos são mais fungistáticos que fungicidas (LOBATO et al., 2008).

Supa Sílica®, Supa Cobre® e Big Red® foram outros produtos que demonstraram resultados positivos no controle de *S. sclerotiorum* em soja, provavelmente devido à ativação de respostas de defesa da soja. Supa Sílica® é um produto a base de silicato de potássio. O silício

tem ação no tecido do hospedeiro, proporcionando o impedimento físico ao processo infectivo e um maior acúmulo de compostos fenólicos e lignina no local da injúria (CHÉRIF et al., 1992). Esta função estrutural proporciona mudanças anatômicas nos tecidos, como células epidérmicas com a parede celular mais espessa devido à deposição de sílica nas mesmas, favorecendo a melhor arquitetura das plantas, além de aumentar a capacidade fotossintética e resistência às doenças (BÉLANGER; MENZIES, 2003).

Nolla et al., (2006) relataram que a severidade do míldio na soja foi reduzida pela aplicação de silicato de cálcio via solo. Rodrigues et al. (2009) relataram que a aplicação de silicato de potássio, em campo, na dose de 60 g L⁻¹, por via foliar, reduziu a severidade da ferrugem da soja (*Phakospora pachyrrhizi*) em cerca de 70%.

Os indutores Big Red® e Supa Cobre®, são produtos com base de cobre e este elemento compõe muitas enzimas e está envolvido na síntese de proteínas, carboidratos e fixação simbiótica de nitrogênio pelas leguminosas (HUBER; GRAHAM, 1999), além de ser um regulador ou um fator essencial em vários sistemas enzimáticos envolvidos na defesa das plantas a infecção, na produção de compostos antimicrobianos e na resistência geral às doenças (GRAHAM, 1983; GRAHAM;WEBB, 1991).

Um efeito do cobre na resistência do tomateiro foi indicado no controle de *Xanthomonas vesicatoria*, visto que não ocorreu diferença significativa na severidade da doença entre as linhagens de *Xanthomonas vesicatoria* resistente e suscetível a cobre, embora este tenha reduzido significativamente a doença em ambas cultivares (JONES et al., 1991).

3.4 CONCLUSÃO

A maioria dos indutores de resistência testados foram eficientes no controle de *S. sclerotiorum* em soja, reduzindo os sintomas da doença em relação à testemunha. Os indutores de resistência Bion®, Kellus Imune®, Supa Sílica®, Supa Cobre® e Big Red® resultaram no melhor controle para todos os parâmetros avaliados neste experimento.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Source os primary inoculums and effects of temperatures and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotinorum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.65, n.1, p.300-309, 1975.

ADAMS, P.B. & AYERS, W.A. Ecology of *Sclerotinia* species. **Phytopathology**, v. 69, p. 896-899, 1979.

BÉLANGER, R. R.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G. Cytological Evidence of an Active Role of Silicon in Wheat Resistance to Powdery Mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). **The American Phytopathological Society**, v. 93, n. 4, p. 402-412, 2003

BEN-YEPHET, Y.; GENIZI, A.; SITI, E., Sclerotial survival and apothecial production by *sclerotinia sclerotiorum* following outbreaks of lettuce drop. **Phytopatology**, Lancaster. v. 83, p. 509-513, 1993.

BOLAND, G.J.; HALL, R. Relarionsships between the spatial pattern and number of apothecia of *Sclerotinia sclerotiorum* and stem roto f soybean. **Plant Pathology**, Oxford, v.8, n.1, p.329-336, 1988.

CARMONA, M.; SAUTUA, F.; MENDOZA, C. 2009. Los fosfitos y la nutrición mineral como um herramienta complementaria para el manejo de las EFC em el cultivo de soja. **Horizonte A**, Convenio FAUBA-AAPRESID, n. 25, p. 34-36.

CARMONA, M.; SAUTUA, F.; GALLY, M. 2008. Efecto de fosfito de potássio y fungicidas en el control de enfermedades de fin de ciclo de la soja. Libro resúmenes, **Primer Congreso Argentino de Fitopatología**, mayo de 2008, Córdoba; P 206.

CARMONA, M.; SAUTUA, F.; GALLY, M. 2006a. Fertilizantes foliares para el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja em el sur de Santa Fe. Mercosoja, 2006, 3er **Congreso de Soja del Mercosur**, p. 326-328, 2006.

CARMONA, M.; ABELLO, A.; SAUTUA, F.; GALLY, M. 2006b. Efecto de la aplicación de fertilizantes foliares em el manejo de las enfermedades de fin de ciclo de la soja. Pag. 385-386 XII **Jornadas Fitosanitarias Argentinas** 28, 29 y 30 de junio de 2006, San Fernando del Valle de Catamarca.

CARMONA, M. 2006. Fosfito de cobre y fungicidas combinación de diferentes fungicidas y momentos de aplicación. **Revista Agromercado**, p. 168-170, 2006.

CARMONA, M.; SAUTUA, F. Os fosfitos no manejo de doenças. **Revista Plantio Direto**, p. 19-22, 2011.

CHAWLA, S.; BOWEN C. R.; SLAMINKO, T. L.; HOBBS, H. A.; HARTMAN, G. L. A public program to evaluate comercial soybean cultivars for pathogen and pest resistance. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 97, n. 5, p. 568-578, 2013.

CHÉRIF, M. BÉLANGER, R. R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutriente solutions to suppress *Phyitium ultimum* in long English cucumber. **Plant Disease**, v.76, p. 1008-1011, 1992.

COHEN, Y. M. D. COFFEY. Systemic fungicides and the controlo f oomycetes. **Annual Review of Phytopathology**. v. 24, p. 311-338, 1986.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Décimo primeiro levantamento. V. 5 - SAFRA 2017/18- N. 1. Brasília: Conab, 2018.

DANN, E. K.; DEVERALL, B. J. Activation of systemic disease resistance in pea by an avirulent bacterium or a benzothiadiazole, but not by a fungal leaf spot pathogen. **Plant Pathology**, v. 49, p. 324-332, 2000.

DATNOFF, L. E.; SEEDBOLD, K. W.; CORREA, F. J. **Use of silicon for inte. grated desease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance**. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.) Silicon in agriculture. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. p. 171-184.

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. Anais... São Carlos, SP: SIB, p. 255-258, 2000.

GABARDO, G. **Controle de doenças na cultura da soja com produtos alternativos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de concentração: Agricultura). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2015.

GARBELOTTO, M.; HAMIK, T. Y.; SCHMIDT, D. J. Efficacy of phosphonic acid, metalaxyl-M and copper hydroxide against *Phytophthora ramorum* in vitro and in planta. **Plant Pathology**. v. 58, p. 111-119, 2009.

GRAHAM, R. D. Effect of nutrien stress on suusceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**., v. 10, p. 221-276, 1983.

GRAHAM, R. D.; WEBB, M. J. **Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants**. In: MORTEVEDT, J. J.; COX, F. R.; SCHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). Micronutrients in agriculture. 2. ed. Madison, Wisc.: Soil Science Society of America, 1991. P. 329-370.

GURGEL, L.M.S. **Resistência sistêmica induzida em cultivares de tomateiro à murcha de fusário: indutores químicos, mecanismos de defesa envolvidos e eficiência de controle no campo**. (Tese de Doutorado). Recife, PE. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2004.

GUZZO, S. D.; CASTRO, R. D.; KIDA, K.; MARTINS, E. M. F. Ação protetora do acibenzolar-S-methyl em plantas de cafeeiro contra ferrugem. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 89-94, 2001.

HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B., RUPE, J. C. Compendium of Soybean Diseases. 4th ed. St. Paul: **APS Press, American Phytopathological Society**, 1999. 128p.

HARTMAN, G. L.; HILL, C. B. **Diseases of Soybean and Their Management**. In: SINGH, G. (Ed.) *The Soybean*. Ed. CAB International United Kingdom. 2010. p.276-299.

HENNEBERG, L.; JACCOUD FILHO, D. S. de.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Importância da detecção de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de soja. **Informativo ABRATES**, v.21, n.3, p.41-46, 2011.

HENNING, A. A. Manejo de doenças da soja (*Glycine max* L. Merrill). **Informativo ABRATES**, v.19, n.3, p.9-12, 2009.

HUBER, D. M.; GRAHAM, R. D. **The role of nutrition in crop resistance and tolerance to diseases**. In: RENGEL, Z. (Ed). *Mineral nutrition of crops: Fundamental mechanisms and implications*. New York: Haworth Press, 1999. p. 169-204.

HUYNH, T. T.; BASTIEN, M.; IQUIRA, E.; TURCOTTE, P.; BELZILE, F. Identification of QTLs associated with partial resistance to white mold in soybean using field-based inoculation. **Crop Science**, v. 50, p. 969-979, 2010.

IQBAL, Z. **Innovative approaches to control postharvest diseases in fruits**. 2010. 64 p. Post Doctoral Research Report. Department of Environment and Agriculture. Curtin University of Technology, WA, Australia.

JAKAB, G., COTTIER, V., TOQUIN, V., RIGOLI, G., ZIMMERLI, L., MÉTRAUX, J.P. & MAUCH-MANI, B. β -aminobutyric acid-induced in plants. **European Journal of Plant Pathology**, v. 107, p. 29-37, 2001.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C.; RESENDE, A. A.; SANTOS, R. R. dos.; CAIRES, A. M.; JACCOUD FILHO, D. S. Manejo sustentável. **Cultivar Grandes Culturas**, n. 147, p. 12-18, 2011.

JULIATTI, F. C.; CRATO, F. F. dos.; JULIATTI, F. C.; COUTO, K. R.; JULIATTI, B. C. M. Escala diagramática para avaliação da severidade de mofo branco em soja. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 681-689, 2013.

JONES, J. B.; WOLTZ, S. S.; JONES, J. P.; PORTIER, K. L. Population dynamics of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* on tomato leaflets treated with copper bactericides. **Phytopathology**, v. 81, p. 714-719, 1991.

KOVÁCIK, J.; KLEJDUS, B.; BACKOR, M.; REPCAČ, M. Phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic compounds accumulation in nitrogen-deficient *Matricaria chamomilla* leaf rosettes. **Plant Science**, Cambridge, v. 172, p. 393-399, 2007.

LATUNDE-DADA, A. O.; LUCAS, J. A. The plant defence activator acibenzolar-S-methyl primes cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] seedlings for rapid induction of resistance. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 58, n. 5, p. 199-208, 2001.

LOBATO, M. C.; OLIVIERI, E. P.; GONZÁLEZ ALTAMIRADA, E. A.; WOLSKI, E. A.; DALEO, G. R.; CALDIZ, D. O., ANDREU, A. B. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. **European Journal of Plant Pathology**, v. 122, p. 349-358, 2008.

MARCHI, C.E., BORGES, M.F.& RESENDE, M.L.V. Proteção induzida por benzotiadiazole contra a ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 1103-1106, 2002.

MBIRI, A.; GATEBE, E.; NDUNG'U, M.; KARIUKI, W.; MWANGI, E. Oxalate metabolism by *Sclerotinia sclerotiorum*, a fungal pathogen in soybeans. **African Journal of Biochemistry Research**, v. 7, n. 2, p. 19-25, 2012.

McLEAN, D. M.; Some experiments concerned with the formation and inhibition of apothecia of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**. p. 42409-412, 1958.

MELO, E. M.; CAJAVILCA, E. S. R.; KACZOROSKI, V. A.; SANTANA, V. G. Biodiesel no Brasil: obtenção de dados depositados em patentes. **Cadernos de Prospecção**, v. 5, n. 2, p. 63-71, 2012.

MICHEREFF, J.S. Doenças Causam Sérios Prejuízos na Safra de Feijão em Pernambuco. **Summa Phytopathol**, v. 31, n. 2, p. 173-180, 2005.

MORAES, S.A. de **Quantificação de doenças de plantas**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/doencas/index.htm>. Acesso em: 17/10/2018

NETO, A. C. R. **Mecanismos de ação do ácido salicílico no controle do bolor azul (*Penicillium expansum*) em frutos de maçã**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Biociências. Florianópolis, SC, 2014.

NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; COELHO, L. Efficiency of calcium silicate and carbonate in soybean disease control. **Journal of Plant Nutrition**, v. 29, n. 11, 2006.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. **Hospedeiro: mecanismos de resistência**. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. Manual de fitopatologia: Princípios e Conceitos. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v.1, p.417-452.

RESENDE, M. L., NOJOSA, J. B. A., AGUILAR, M. A. G., SILVA, L. H. C. P., NIELLA, G. R., CARVALHO, G. A., GIOVANNI, G. CASTRO, M. C. Perspectivas da indução de resistência em cacauzeiros contra *Crinipellis pernicioso* através do benzotiadiazole (BTH). **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 149-156, 2000.

RODRIGUES, A. A. C.; COELHO, R. S. B. Efeito de dosagens e épocas de aplicação de acibenzolar-S-metil em plantas de caupi na indução de resistência a *Fusarium oxysporum* sp. *tracheiphilum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, p. 157, 2002.

RODRIGUES, F.A.; DUARTE, H.S.S.; DOMICIANO, G.P.; SOUZA, C.A.; KORNDORFER, G.H.; ZAMBOLIM, L. Foliar application of potassium silicate reduces the intensity of soybean rust. **Australasian Plant Pathology**, v. 38, p. 366-372, 2009.

SMITH, C. J. Accumulation of phytoalexins: Defense mechanisms and stimulus response system. **New Phytologist**, v. 132, p. 1-45, 1996.

YAO, H.; TIAN, S. Effects of pre and postharvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 253-262, 2005.

USDA, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Soybeans**. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/book/soybean>. Acesso em 27 de novembro de 2018.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância para as variáveis tamanho final da lesão e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *S. sclerotiorum*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivar	Tamanho final lesão (cm)		AACPD	
	1º Exp.	2º Exp.	1º Exp.	2º Exp.
BMX Elite IPRO	56,93 a	57,42 a	1679 a	1688 a
BMX Lança IPRO	56,42 a	56,96 a	1673 a	1673 a
Isolado				
LF 02	57,03 a	56,24 b	1667 a	1671 a
LF 06	57,36 a	57,11 a	1686 a	1690 a
Indutores de resistência				
Big Red®	51,21 d	51,42 d	1326 d	1333 d
Bion®	46,33 e	47,50 e	1098 e	1133 e
Kellus Imune®	51,21 d	51,17 d	1291 d	1291 d
Phyto Dunger®	59,67 c	60,08 c	1803 c	1803 c
Reforce®	61,46 bc	61,84 bc	1917 bc	1817 bc
Supa Cobre®	51,08 d	51,46 d	1327 d	1326 d
Supa Sílica®	50,73 d	51,97 d	1373 d	1373 d
Yantra®	63,50 b	63,89 b	2046 b	2046 b
Testemunha	78,08 a	78,42 a	3017 a	9070 a
Valores de F				
Cultivar	1,63 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,60 ^{ns}
Isolados	0,91 ^{ns}	4,61*	0,98 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Indutor de resistência	259,22*	337,13*	443,08*	436,59*
Cultivar x isolado	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,008 ^{ns}
Cultivar x Ind. de resistência	2,09*	4,28*	4,26*	4,55*
Isolado x Ind. de resistência	0,93 ^{ns}	2,99*	3,22*	3,33*
Cultivar x isolado x indutor	0,99 ^{ns}	1,90 ^{ns}	1,74 ^{ns}	1,75 ^{ns}
CV (%)	5,26	4,50	8,46	8,42

APÊNDICE B - Análise de variância para as variáveis severidade e número de escleródios de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IRPO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *S. sclerotiorum*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivar	Severidade (%)		Nº de escleródios	
	1º Exp.	2º Exp.	1º Exp.	2º Exp.
BMX Elite IPRO	64,99 b	64,62 b	0,87 a	1,34 a
BMX Lança IPRO	72,87 a	73,45 a	1,16 a	1,53 a
Isolado				
LF 02	68,43 b	69,67 a	1,21 a	1,37 a
LF 06	69,43 a	68,60 a	0,82 b	1,50 a
Indutores de resistência				
Big Red®	66,71 c	66,29 b	1,00 b	1,54 a
Bion®	54,08 d	50,79 c	0,75 b	1,50 a
Kellus Imune®	58,92 cd	58,50 bc	0,50 b	1,00 a
Phyto Dunger®	81,54 a	82,67 a	0,75 b	1,17 a
Reforce®	78,45 ab	80,96 a	1,21 b	1,62 a
Supa Cobre®	69,54 bc	67,75 b	0,46 b	1,42 a
Supa Sílica®	63,80 cd	64,40 b	0,90 b	1,14 a
Yantra®	65,00 cd	66,72 b	0,78 b	1,50 a
Testemunha	82,62 a	84,75 a	2,75 a	2,12 a
Valores de F				
Cultivar	23,14*	24,21*	2,46 ^{ns}	1,21 ^{ns}
Isolados	0,54 ^{ns}	0,37 ^{ns}	4,73*	0,60 ^{ns}
Indutor de resistência	16,73*	19,12*	6,33*	1,79 ^{ns}
Cultivar x isolado	5,14*	8,68*	2,46 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Cultivar x Ind. de resistência	4,41*	4,35*	2,99*	1,71 ^{ns}
Isolado x Ind. de resistência	2,75*	2,90*	1,91 ^{ns}	1,41 ^{ns}
Cultivar x isolado x indutor	1,47 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Cultivar	17,46	18,64	132,69	85,94

4 CAPÍTULO III – INDUTORES DE RESISTÊNCIA NO MANEJO DE *Meloidogyne arenaria* E *Meloidogyne incognita* EM SOJA

4.1 INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada no mundo, devido a seus valores econômicos e nutricionais. No Brasil o aumento da produção e de área plantada vem sendo crescente nos últimos anos, na safra de 2017/2018 a produção de soja foi recorde, alcançando a 119 milhões de toneladas (CONAB, 2018). Diversos são os fatores que podem limitar a produção da cultura da soja, dentre esses, os mais prejudiciais se dão pela ação de patógenos, dentre os quais se destacam os fungos, bactérias, vírus e nematoides (BRUINSMA, 2013).

Segundo Dias & Ferraz (2001), mais de cem espécies de nematoides, envolvendo cerca de 50 gêneros, foram associadas a cultivos de soja em todo o mundo. Dentre as espécies de nematoides fitoparasitas da cultura da soja, observa-se que as mais agressivas são *Heterodera glycines* (ICHINOHE 1952), *Meloidogyne incognita* (KOFOID & WHITE, 1919) e *Meloidogyne javanica* (TREUB, 1985), *Meloidogyne arenaria* (NEAL, 1889), *Pratylenchus brachyurus* (GODFREY, 1929) e *Rotylenchulus reniformis* (OLIVEIRA, 1940). Outros gêneros de nematoides que não causam prejuízos podem ser encontrados em associação a lavouras de soja, tais como: *Helicotylenchus* spp., *Criconemella* spp., *Xiphinema* spp. e *Trichodorus* spp. (LEHMANN et al., 1977; ANTONIO, 1992; SHARMA, 2002; GOMES et al., 2003; LOPES, 2015; KIRSCH et al., 2016).

Dentre os nematoides patogênicos à cultura, o gênero *Meloidogyne*, compreende as principais espécies de fitonematoides que afetam a produção agrícola no mundo, fato este que está ligado a sua ampla distribuição geográfica, extensa gama de hospedeiros e envolvimento em complexos de doenças com bactérias e fungos (SASSER, 1979). Plantas de soja infectadas com *Meloidogyne* sp. apresentam raízes com grande número de galhas e necrose nos tecidos, o que compromete sua capacidade de absorver água e nutrientes. Plantas severamente atacadas exibem sintomas como subdesenvolvimento, amarelecimento, murcha e manchas cloróticas nas folhas, conhecidas como folha-carijó (ASMUS, 2004). No Brasil o gênero *Meloidogyne* pode causar perdas de 10% à cultura da soja (ASMUS, 2004), sendo as espécies *M. incognita*, *M. javanica* e

M. arenaria as que mais limitam a produção de soja (ASMUS; ANDRADE, 1996; JAEHN et al., 1998, DIAS; GARCIA; SILVA, 2010).

O controle de fitonematoides deve ser planejado e sistematizado de modo a integrar vários métodos e apresentar baixo custo. Os principais métodos de controle dos fitonematoides são o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas e uso de nematicidas. Porém, os métodos de controle comumente empregados vem se tornando um processo oneroso e com poucos resultados. Atualmente, é cada vez maior a procura por uma exploração agrícola sustentável, economicamente viável, socialmente justa e que não agrida o meio ambiente e a saúde humana e animal (SILVA, 2011).

Neste aspecto, as plantas dispõem de uma gama de mecanismos de defesa contra a invasão de microrganismos durante o processo infectivo. Estes mecanismos incluem barreiras químicas e físicas pré-existentes, tanto quanto respostas de defesa induzidas que se tornam ativas após a infecção do patógeno, assim como síntese de fitoalexinas, modificações da parede celular e a produção de proteínas antifúngicas (MANDAL et al., 2010; EBRAHUM et al., 2011). Apesar de não evitar a doença, a maioria dos indutores de resistência reduz a sua intensidade entre 20 e 85%, além de possuir amplo espectro e longa duração (WALTERS & FOUNTAINE, 2009). Os produtos químicos utilizados para ativar mecanismos de resistência incluem fosfitos, ácido salicílico (SA), ácido acetilsalicílico, metil-jasmonato e acibenzolar-S-metil (ASM) (OOSTENDORP et al., 2001, SALGADO et al., 2007, DIAS-ARIEIRA et al., 2012), dentre outros.

Os estudos com indutores de resistência têm mostrado resultados promissores para o manejo alternativo do nematoide das galhas na cultura da soja. Cardoso et al., (2015) verificaram resultados positivos utilizando indutores de resistência no controle de *M. javanica* em soja. Neste mesmo sentido, Puerari et al., (2013) ao testarem aplicações de ASM em plantas de soja resistentes e suscetíveis, observaram redução de ovos e juvenis. Uma única aplicação de ASM reduziu *M. javanica* e *Rotylenchulus reniformis* em feijão caupi e soja em casa de vegetação (CHINNASRI et al., 2003).

Na literatura, outros trabalhos também relatam em várias culturas o efeito positivo dos indutores de resistência com forma de manejo alternativo do gênero *Meloidogyne*. Owen et al. (1998) verificaram efeitos satisfatórios do ácido metil salicílico (ASM) na indução de resistência contra *M. javanica* e *M. arenaria* em videira. Guimarães et al., (2008) observaram que metil

jasmonato e silicato de potássio reduziam o parasitismo de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zae* em cana de açúcar. O ácido salicílico, o fosfito de potássio e o silicato de potássio foram avaliados por Salgado et al. (2007), e os autores verificaram sua ação na redução da eclosão e mortalidade de juvenis de *Meloidogyne exigua* em café.

Assim, embora os indutores de resistência tenham demonstrado resultados promissores no controle de fitonematoides, poucos são os resultados disponíveis na literatura para a cultura da soja. Com base nisso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de indutores de resistência sobre *M. incognita* e *M. arenaria* em soja, em condições de casa de vegetação.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento constou de dois ensaios, os quais foram realizados em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal Farroupilha campus Frederico Westphalen/RS e as análises no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Santa Maria campus Frederico Westphalen/RS durante os meses de abril de 2017 a janeiro de 2018.

Cada ensaio foi realizado com uma espécie de nematoide (*M. incognita* e *M. arenaria*), em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x9, sendo duas cultivares de soja (BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO) e oito indutores de resistência (Big Red®, Supa Sílica®, Yantra®, Reforce®, Supa Cobre®, Phyto Dunger®, Kellus Imune® e Bion®) + testemunha, com seis repetições, considerando-se cada planta como uma unidade experimental. Plantas de soja não tratadas e inoculadas com nematoides, foram consideradas como testemunha, sendo pulverizada apenas água.

Os isolados de *Meloidogyne* spp. pertencem a coleção nematológica do Laboratório de Fitopatologia, mantidas e multiplicadas em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz, cultivados em vaso, em casa de vegetação. Para obtenção do inóculo, raízes de tomateiros infectadas com cada uma das populações de *Meloidogyne* spp., foram processadas separadamente conforme metodologia de Hussey & Barker (1973) modificada por Bonetti & Ferraz (1981).

As cultivares de soja utilizadas nos experimentos foram BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO, são classificadas como suscetíveis ao *M. incognita* e *M. arenaria*, segundo informações dos detentores das cultivares.

Os produtos usados como indutores de resistência são registrados comercialmente como fertilizantes foliares e estão descritos na Tabela 1. Os indutores de resistência foram aplicados, via pulverização foliar, com auxílio de um borrifador, até obter-se o total molhamento da planta, antes de iniciar o escorrimento. As aplicações iniciaram-se três dias antes da inoculação, sendo realizadas semanalmente, totalizando 10 aplicações.

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, concentração de i.a. e dose comercial dos indutores de resistência avaliados quanto à reação do nematoide-das-galhas na cultura da soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo (i.a.)	Concentração de i.a.	Dose Comercial
Big Red®	Óxido Cuproso	500 g ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
Bion®	Acibenzolar S-metílico	500 g ha ⁻¹	25 g ha ⁻¹
Kellus Imune®	Fosfito de potássio + Enxofre + Magnésio + Cobre	697 g ha ⁻¹ + 52 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹ + 10 g ha ⁻¹	1 kg ha ⁻¹
Phyto Dunger®	Cobre + hidroxiamina + salicílicos	48,26 g ha ⁻¹ + 2,1 g ha ⁻¹ + 3,3 g ha ⁻¹	0,1 l ha ⁻¹
Reforce®	Fosfito de potássio	350 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
Supa Cobre®	Cálcio + cobre	277 g ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹
Supa Sílica®	Silicato de potássio	337 g ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹
Yantra®	Fosfito de potássio	440 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 4L, sendo utilizado o substrato comercial (Plantmax®) e solo (Latossolo vermelho), em mistura na proporção de 1:2. A adubação foi realizada conforme as recomendações técnicas para a cultura e quando necessário, as plantas foram tutoradas com o auxílio de hastes de madeira e cordões de algodão.

A inoculação das espécies do nematoide-das-galhas foi realizada individualmente após 15 dias da emergência das plântulas, adicionando-se 2000 ovos + juvenis de 2º estágio (J2) em dois orifícios realizados próximo ao colo das plantas. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação com umidade do ar ($\pm 60\%$), temperatura do ar ($\pm 25^\circ\text{C}$) e irrigação controlada. Para verificação da viabilidade do inóculo, utilizaram-se mudas de tomateiro cv. Santa Cruz, inoculadas com as mesmas populações de *Meloidogyne* spp. e o mesmo nível de inóculo utilizado nas plantas de soja.

Decorridos 70 dias da inoculação, as plantas foram retiradas dos vasos e separadas as raízes e parte aérea para as diferentes avaliações. As variáveis analisadas para parte aérea foram:

altura de planta (cm): medindo-se com auxílio de uma régua a altura da planta na haste principal; número de ramificações: contou-se o número de nós férteis na haste principal; número de legumes: contou-se o número total de legumes em cada planta; massa seca de parte aérea (gramas): a parte aérea das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em estufa de secagem (60-65° C) até adquirir peso constante.

As raízes de cada planta foram lavadas e avaliadas quanto à massa fresca (gramas), onde pesou-se em balança analítica, e número de galhas, onde contou-se o número de galhas em toda a raiz, com auxílio de uma lupa. Posteriormente, as raízes de cada planta foram processadas segundo metodologia de Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981), obtendo-se suspensão aquosa para contagem dos ovos e juvenis, determinando-se o número de ovos e o fator de reprodução (FR = população final/população inicial) em cada unidade experimental, conforme Oostenbrink (1966).

O experimento foi realizado duas vezes em casa de vegetação com ambiente controlado, sob as mesmas condições. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias de cada tratamento comparadas entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) à 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$), por meio do software SISVAR (FERREIRA, 2008).

4.3 RESULTADOS

De acordo com a análise dos resultados observados ($p \leq 0,05$), verificou-se que todos os tratamentos com os diferentes indutores interferiram no controle das espécies de *Meloidogyne* inoculadas, expressa através do fator de reprodução, da formação de galhas ou sobre o desenvolvimento vegetativo de ambas as cultivares avaliadas (Apêndices A, B, C, D, E, F).

4.3.1 Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne arenaria* em cultivares de soja

Neste estudo, ambas as cultivares de soja inoculadas com *M. arenaria* apresentaram diferença significativa quanto ao seu desenvolvimento vegetativo, expresso pelas variáveis massa seca de parte aérea, número de ramificações e de legumes e massa fresca de raiz, independente da aplicação dos indutores. Considerando o efeito individual dos indutores, observou-se que estes proporcionaram efeitos significativos quanto ao crescimento vegetativo das plantas em comparação com a testemunha (sem tratamento), onde alguns produtos demonstraram potencial

de uso como controle alternativo ao nematoide-das-galhas, para ambos os experimentos (Apêndices A, B e C).

De acordo com a interação entre indutores e cultivares de soja, verificou-se efeitos significativos para a variável massa seca de parte aérea (MSPA) (Tabela 2), sendo que alguns produtos proporcionaram maiores médias em relação à testemunha. Para a cultivar BMX Elite IPRO, em ambos os experimentos, os melhores tratamentos para esta variável foram verificados com Supa Cobre®, Yantra®, Big Red®, Phyto Dunger®, Kellus Imune® e Supa Sílica®, destacando-se no experimento 1 o Yantra® (13,98 g), e no experimento 2 o Supa Cobre® (15,37 g). Já para a cultivar BMX Lança IPRO, nenhum dos indutores interferiu de forma semelhante na matéria seca de parte aérea, não diferindo estatisticamente da testemunha, entretanto, no experimento 2, os indutores Reforce®, Supa Cobre®, Yantra® e Supa Sílica® promoveram maior desenvolvimento de planta em relação à testemunha.

Diferenças significativas entre as cultivares para a variável MSPA foi verificada somente para alguns dos indutores, sendo que as maiores médias de MSPA foram observadas na cultivar BMX Lança IPRO quando tratadas com Reforce® (Experimento 1 e 2) e Bion® (Experimento 1) (Tabela 2).

Os indutores de resistência e as cultivares utilizadas interferem significativamente sobre o desenvolvimento radicular das plantas de soja (Apêndice A). De acordo com a interação indutores *versus* cultivares, observou-se diferença significativa entre os produtos quanto ao tamanho do sistema radicular, na cultivar BMX Elite IPRO (Experimento 1) e na BMX Lança IPRO (Exp. 1 e 2). Para cultivar BMX Elite IPRO, os indutores que promoveram maior massa fresca de raiz (MFR) foram Supa Sílica®, Big Red®, Phyto Dunger® e Bion®, em relação aos demais produtos, embora não tenham diferido da testemunha.

Para a cultivar BMX Lança IPRO, os indutores de resistência, de modo geral, apresentaram efeito positivo sobre a massa fresca de raiz (MFR) em relação a testemunha, exceto o produto Bion®, o qual não interferiu no crescimento radicular, cujas plantas tratadas apresentaram tamanho de raiz semelhante à testemunha. Na repetição do experimento, os indutores de resistência não demonstraram o mesmo efeito sobre a cultivar BMX Lança IPRO, onde apenas os produtos Big Red®, Reforce® e Yantra® foram capazes de promover maior desenvolvimento de raiz em relação à testemunha (Tabela 2).

Tabela 2 – Massa seca de parte aérea e massa fresca de raiz e de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Massa seca de parte aérea (g)				
Big Red®	13,58 aA	11,17 aA	11,51 bA	11,66 bA
Bion®	9,72 bB	13,48 aA	12,23 bA	12,17 bA
Kellus Imune®	11,12 aA	13,13 aA	9,46 cA	10,15 bA
Phyto Dunger®	13,77 aA	14,63 aA	11,72 bA	10,51 bA
Reforce®	6,09 bB	13,99 aA	10,14 cB	13,40 aA
Supa Cobre®	13,37 aA	13,20 aA	15,37 aA	13,12 aA
Supa Sílica®	12,24 aA	11,25 aA	13,61 aA	14,21 aA
Yantra®	13,89 aA	14,26 aA	12,08 bA	13,68 aA
Testemunha	7,43 bB	14,05 aA	8,08 cB	10,96 bA
Massa fresca de raiz (g)				
Big Red®	18,40aA	22,42 aA	21,87 aB	33,02 aA
Bion®	17,69 aA	17,14 bA	22,05 aA	25,09 bA
Kellus Imune®	11,39 bB	20,71 aA	19,33 aA	18,22 cA
Phyto Dunger®	16,27aB	26,09 aA	21,86 aB	28,22 bA
Reforce®	8,13 bB	23,34 aA	20,75 aB	31,04 aA
Supa Cobre®	13,89 bA	19,54 aA	21,32 aB	27,48 bA
Supa Sílica®	23,36 aA	26,76 aA	23,12 aB	27,48 bA
Yantra®	12,54 bB	23,08 aA	20,00 aB	29,32 aA
Testemunha	16,00 aA	11,55 bA	24,31 aA	25,13 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Em ambos os experimentos foi verificado que alguns indutores proporcionaram efeito diferencial entre as cultivares quanto a MFR (Tabela 2), promovendo maior desenvolvimento radicular para a cultivar BMX Lança IPRO, quando comparado com a cultivar BMX Elite IPRO. Os produtos que apresentaram efeitos positivos nos dois experimentos foram Reforce®, Yantra® e Phyto Dunger®.

De acordo com a análise de variância (Apêndice B), verificou-se que os fatores independentes e a interação cultivar versus indutores interferiram significativamente nas variáveis número de ramificações (NR) e número de legumes (NL), em ambos os experimentos. A cultivar BMX Lança IPRO apresentou menor ramificação e maior formação de legumes em

relação a cultivar BMX Elite IPRO. Entretanto, embora os indutores tenham diferido estatisticamente entre si e em relação à testemunha, apenas para a variável NL observou-se efeito de indução de resistência em plantas infectadas com os nematoides, onde alguns produtos proporcionaram maior NL em relação à testemunha em ambos os experimentos e plantas cultivadas.

Para a variável número de ramificações (NR), em ambos os experimentos, observou-se que os indutores de resistência apresentaram significância, sendo que para a cultivar BMX Elite IPRO, os indutores Big Red® e Supa Sílica® apresentaram as maiores médias, 25 e 14, respectivamente no experimento 1 e 2 (Tabela 3). Entretanto, para a cultivar BMX Lança IPRO, não verificou-se efeito positivo dos indutores ao serem aplicados nas plantas infectadas com o nematoide, pois em ambos os experimentos, as plantas de soja apresentaram número de ramificações menores que a testemunha, independente do indutor utilizado (Tabela 3), evidenciando que os produtos não induziram resistência as plantas tratadas.

Em ambos os experimentos verificou-se diferença significativa entre as cultivares quando tratadas com os mesmos indutores, sendo que, a maioria dos produtos proporcionou maior ramificação na cultivar BMX Elite PRO, quando comparada com a cultivar BMX Lança IPRO (Tabela 3). Entretanto, no experimento 2, o indutor Big Red® proporcionou efeito contrário ao do experimento 1, estimulando maior ramificação para a cultivar BMX Lança IPRO. Os produtos que não induziram ramificação diferenciada entre as duas cultivares de soja foram Reforce® (Exp.1 e 2), Kellus Imune®, Supa Cobre®, Bion® e Phyto Dunger® (Exp.2).

A aplicação dos diferentes indutores de resistência na cultivar BMX Elite IPRO apresentaram resultados semelhantes quanto ao número de legumes (NL), em ambos os experimentos. Contudo, no experimento 2 verificou-se maior número de legumes quando comparado com a testemunha, na qual não foi observado formação de legumes. Para a cultivar BMX Lança IPRO, os indutores apresentaram efeito significativo quanto a formação de legumes, entretanto, diferenças entre os produtos foi observada somente no experimento 1, sendo os melhores resultados proporcionados pelos indutores Bion® (27), Kellus Imune® (26) e Supa Cobre® (21). Entretanto, no experimento 2, para a mesma cultivar, verificou-se que os tratamentos não diferiram entre si, embora tenham proporcionado maior número de legumes em relação a testemunha (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de ramificações e número de legumes de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Número de Ramificações				
Big Red®	24,17 aA	10,50 bB	12,67 bA	12,00 bA
Bion®	19,67 aA	12,33 bB	11,33 dB	12,17 bA
Kellus Imune®	21,17 aA	11,83 bB	12,00 cA	11,50 bA
Phyto Dunger®	23,00 aA	12,50 bB	11,33 dA	11,67 bA
Reforce®	12,83 bA	11,50 bA	12,17 cA	11,67 bA
Supa Cobre®	22,33 aA	11,33 bB	12,00 cA	12,00 bA
Supa Sílica®	23,33 aA	10,67 bB	13,50 aA	12,00 bB
Yantra®	23,83 aA	12,50 bB	12,67 bA	11,50 bB
Testemunha	13,50 bB	29,83 aA	12,00 cB	13,00 aA
Número de Legumes				
Big Red®	13,58 aA	1,17 dB	12,33 bB	19,33 aA
Bion®	9,72 aB	26,17 aA	21,33 aA	20,17 aA
Kellus Imune®	11,12 aB	25,83 aA	21,50 aA	21,83 aA
Phyto Dunger®	13,77 aA	17,00 bA	23,33 aA	19,33 aA
Reforce®	6,09 aB	15,00 bA	22,00 aA	22,17 aA
Supa Cobre®	13,37 aB	20,83 aA	22,67 aA	21,33 aA
Supa Sílica®	12,24 aA	9,00 cA	23,17 aA	22,00 aA
Yantra®	13,80 aA	16,17 bA	21,33 aA	24,00 aA
Testemunha	7,43 aA	14,05 bA	0,00 cB	12,33 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

O efeito diferenciado de cada indutor entre as cultivares, para o número de legumes, somente foi observado no experimento 1, onde os indutores Reforce®, Kellus Imune®, Supa Cobre® e Bion® proporcionaram maior número de legumes para a cultivar BMX Lança IPRO (Tabela 3). Já para a cultivar BMX Elite IPRO, o indutor Big Red® proporcionou maior número de legumes.

Avaliando a influência dos indutores de resistência no desenvolvimento de *M. arenaria* nas cultivares de soja tratadas com os indutores, através do número de galhas (NG), constatou-se que a resistência induzida nas plantas pode variar de acordo com a cultivar e o tipo de indutor. A

maior redução do número de galhas foi observada para a cultivar BMX Elite IPRO em ambos experimentos. Já os indutores diferiram quanto a inibição do número de galhas, sendo observado que alguns proporcionaram reduções significativas em relação à testemunha no experimento 2 (Apêndice B).

Para a interação cultivar *versus* indutores quanto ao parasitismo do *M. arenaria* expresso pelo número de galhas (NG), no experimento 1, observou-se que os indutores diferiram entre si e da testemunha, quando aplicados em ambas as cultivares (Tabela 4). Para a cultivar BMX Elite IPRO, nenhum dos indutores reduziu a formação de galhas em relação a testemunha (Tabela 4).

No experimento 2, os indutores diferiram entre si e da testemunha, sendo observado resultado positivo apenas para alguns indutores, os quais proporcionaram redução do número de galhas em relação a testemunha (Tabela 4). Na cultivar BMX Elite IPRO, os resultados demonstraram que apenas o indutor Supa Cobre® reduziu a formação de galhas, embora não tenha diferido estatisticamente da testemunha e os demais produtos não interferiram no NG.

Entretanto, para a cultivar BMX Lança IPRO, no experimento 2, observou-se efeito significativo dos indutores sobre as plantas de soja, os quais reduziram significativamente a formação de galhas em relação a testemunha, o que não foi observado no experimento 1, sendo as maiores porcentagens de reduções ocasionadas pelos produtos Reforce® (76,87%), Kellus Imune® (71,93%) e Supa Sílica® (71,30%).

Analisando-se o efeito individual de cada indutor entre as cultivares (Tabela 4) verificou-se que alguns indutores demonstraram efeito diferenciado entre as cultivares de soja, quanto a inibição da formação de galhas, em ambos experimentos. No experimento 1, os indutores Kellus Imune®, Yantra® e Supa Sílica® promoveram as maiores reduções no número de galhas na cultivar BMX Elite IPRO em comparação a cultivar BMX Lança IPRO. Ao contrário foi verificado para o indutor Big Red®, o qual proporcionou maior inibição na cultivar BMX Lança IPRO. No experimento 2, os indutores que reduziram o NG na cultivar BMX Elite IPRO foram Supra Cobre® e Bion®, e os que reduziram a formação de galhas na cultivar BMX Lança IPRO foram Reforce®, Yantra® e Big Red® e os demais produtos ocasionaram efeitos semelhantes quando aplicados nas duas cultivares (Tabela 4).

Tabela 4 – Número de galhas em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Big Red®	308,17 aA	126,67 cB	267,33 aA	142,00 bB
Bion®	99,50 cA	138,00 cA	129,50 cB	300,00 aA
Kellus Imune®	78,50 cA	152,17 cA	108,50 dA	88,00 cA
Phyto Dunger®	175,67 bA	247,17 cA	150,00 cA	175,17 bA
Reforce®	176,00 bA	108,00 cB	139,00 cA	72,50 cB
Supa Cobre®	138,33 cA	121,17 cA	39,00 eB	150,17 bA
Supa Sílica®	172,00 bB	367,00 bA	102,50 dA	90,00 cA
Yantra®	184,83 bB	557,00 aA	201,50 bA	111,50 cB
Testemunha	52,50 cA	37,33 cA	45,50 eB	313,50 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

De acordo com a análise de variância (Apêndice C), verificou-se que as variáveis população final (PF) e fator de reprodução (FR) apresentaram comportamento diferente nos dois experimentos, não sendo observado efeito significativo na interação cultivar x indutor. No experimento 1, observou-se efeito significativo somente para o fator cultivar, onde a cultivar BMX Lança IPRO apresentou maior PF (28893) e FR (14,45), em relação a cultivar BMX Elite IPRO, com PF e FR de 18969 e 9,48, respectivamente.

Entretanto, no experimento 2, para as variáveis PF e FR quando analisados os fatores independentes, verificou-se diferenças estatísticas para cultivar e para indutores (Apêndice C). A cultivar BMX Lança IPRO apresentou maior multiplicação de nematoides, quando comparado a cultivar BMX Elite IPRO, com PF de 19818 e FR igual 9,91. Quanto aos indutores, apenas os produtos Bion® e Reforce® proporcionaram menor multiplicação do *M. arenaria*, embora não tenham diferido da testemunha. Os demais indutores de resistência não apresentaram nenhum efeito positivo, sendo observado maiores FR nas plantas tratadas em relação à testemunha, apenas inoculada.

4.3.2 Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne incognita* em cultivares de soja

Os fatores independentes cultivar e indutores, segundo a análise de variância (Apêndice D/Tabela 5) interferiram significativamente sobre o desenvolvimento vegetal das plantas de soja, expresso pelas variáveis massa fresca de raiz (MFR) e massa seca de parte aérea (MSPA). A cultivar BMX Lança IPRO apresentou maior desenvolvimento radicular, observado em ambos os experimentos, entretanto, a cultivar com maior crescimento de parte aérea diferiu entre os experimentos. O maior desenvolvimento de parte aérea foi verificado na cultivar BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO, nos experimentos 1 e 2, respectivamente.

Os indutores aplicados nas plantas inoculadas com o *M. incognita*, de ambas as cultivares, diferiram significativamente entre si e em relação à testemunha (Tabela 5), quanto aos seus efeitos sobre o desenvolvimento radicular (Exp. 1) e da parte aérea das plantas (Exp. 1 e 2).

No experimento 1 não verificou-se efeito positivo dos produtos sobre o crescimento de parte aérea, pois as plantas de soja de ambas cultivares apresentaram MSPA semelhante a testemunha. Já no experimento 2, não foi observado efeito positivo dos indutores sobre o crescimento de parte aérea da cultivar BMX Lança IPRO, no entanto, para a cultivar BMX Elite IPRO, os produtos Supa Sílica®, Big Red® e Yantra® foram os que proporcionaram maiores valores de MSPA (Tabela 5).

Para o efeito individual de cada indutor entre as cultivares (Tabela 5), verificou-se que alguns indutores demonstraram efeito diferenciado entre as cultivares de soja, quanto a MSPA, para ambos experimentos. No experimento 1, os indutores Reforce®, Kellus Imune® e Supa Sílica®, promoveram o maior desenvolvimento de parte aérea na cultivar BMX Lança IPRO em comparação a cultivar BMX Elite IPRO. No experimento 2, o indutor Bion® proporcionou maior MSPA na cultivar BMX Lança IPRO e o contrário ocorreu com o uso dos indutores Big Red® e Supa Sílica®, os quais proporcionaram maior massa seca de parte aérea na cultivar BMX Elite IPRO.

Para variável massa fresca de raiz (MFR), embora os indutores tenham diferindo entre si, o efeito positivo da aplicação dos produtos, no experimento 1, somente foi observado para a cultivar BMX Lança IPRO, onde os melhores resultados foram obtidos com Supa Sílica®, Reforce® e Supa Cobre®. No experimento 2, a aplicação do Phyto Dunger® resultou em maior desenvolvimento radicular da cultivar BMX Elite IPRO, e para cultivar BMX Lança IPRO os melhores resultados foram obtidos com os produtos Kellus Imune®, Big Red® e Supa Cobre® (Tabela 5).

Tabela 5 – Massa seca de parte aérea e massa fresca de raiz de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Massa seca de parte aérea (g)				
Big Red®	6,25 bA	8,68 bA	13,03 bA	10,10 aB
Bion®	8,77 aA	10,46 bA	6,59 dB	9,27 aA
Kellus Imune®	10,30 aB	15,27 aA	9,79 cA	7,98 bA
Phyto Dunger®	13,59 aA	13,81 aA	10,87 cA	6,53 bA
Reforce®	10,47 aB	15,39 aA	11,42 cA	9,72 aA
Supa Cobre®	9,92 aA	12,24 aA	10,14 cA	10,72 aA
Supa Sílica®	6,05 bB	12,08 aA	15,32 aA	10,31 aB
Yantra®	9,39 aA	7,58 bA	12,23 bA	10,15 aA
Testemunha	11,29 aA	12,61 aA	10,44 cA	9,82 aA
Massa fresca de raiz (g)				
Big Red®	7,13 bB	17,27 bA	19,39 bB	24,87 aA
Bion®	14,55 aA	11,29 bA	16,20 bA	20,37 bA
Kellus Imune®	14,60 aA	14,60 bA	16,82 bB	26,58 aA
Phyto Dunger®	18,09 aA	16,87 bA	24,71 aA	12,97 cB
Reforce®	17,62 aA	20,76 aA	21,92 bA	17,30 bA
Supa Cobre®	17,04 aA	20,63 aA	20,57 bA	24,20 aA
Supa Sílica®	10,01 bB	24,48 aA	20,99 bA	22,23 aA
Yantra®	15,90 aA	13,16 bA	20,76 bA	17,85 bA
Testemunha	14,01 aA	16,15 bA	18,81 bB	25,25 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

Em ambos experimentos observou-se que alguns indutores apresentaram efeitos diferenciados entre as cultivares (Tabela 5). No experimento 1, os indutores Big Red® e Supa Sílica®, promoveram a maior MFR na cultivar BMX Lança IPRO em comparação a cultivar BMX Elite IPRO. Já no experimento 2, para mesma cultivar, foram os indutores Kellus Imune® e Big Red® que proporcionaram maior MFR. O produto Phyto Dunger® apresentou efeito contrário, ocasionando maior MFR para a cultivar BMX Elite IPRO.

Os fatores independentes (cultivares e indutores) interferiram significativamente, sendo a cultivar BMX Lança IPRO a que apresentou maior ramificação (NR) e número de legumes (NL) em ambos os experimentos. Quanto aos indutores, a sua interferência como forma de controle

para as plantas inoculadas não foi consistente, apresentando variabilidade nos resultados entre os experimentos (Apêndice E /Tabela 6).

Tabela 6 – Número de ramificações e número de legumes em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Número de ramificações				
Big Red®	11,33 cB	18,00 bA	12,50 aA	11,83 bA
Bion®	17,17 bA	22,33 aA	12,33 aA	12,00 aA
Kellus Imune®	15,67 bB	25,17 aA	11,83 aA	12,17 aA
Phyto Dunger®	20,67 aA	22,33 aA	13,33 aA	11,00 bB
Reforce®	21,33 aA	22,50 aA	12,83 aA	12,17 aA
Supa Cobre®	19,17 aA	19,33 bA	12,67 aA	11,33 bB
Supa Sílica®	9,50 cB	24,00 aA	12,67 aA	11,67 bA
Yantra®	16,17 bA	16,00 bA	11,67 aA	11,50 bA
Testemunha	22,17 aA	23,50 aA	12,67 aA	13,00 aA
Número de legumes				
Big Red®	9,33 aA	15,39 aA	21,33 aA	17,33 aA
Bion®	9,83 aA	11,67 aA	6,5 bB	18,33 aA
Kellus Imune®	11,17 aA	10,50 aA	15,83 aB	21,67 aA
Phyto Dunger®	9,33 aA	10,83 aA	0,00 cB	13,67 aA
Reforce®	9,17 aA	10,83 aA	20,67 aA	20,33 aA
Supa Cobre®	7,83 bB	10,83 aA	22,67 aA	19,00 aA
Supa Sílica®	11,17 aA	11,50 aA	20,17 aA	15,17 aA
Yantra®	6,83 bB	12,67 aA	22,33 aA	19,50 aA
Testemunha	8,67 bA	10,50 aA	0,00 cA	3,17 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade

De acordo com a interação, observou-se que para as cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, em ambos os experimentos, os indutores não influenciaram positivamente o NR em relação à testemunha, embora tenha diferido estatisticamente entre si, exceto para cultivar BMX Elite IPRO no experimento 2 (Tabela 6).

Alguns indutores apresentaram efeito de indução de resistência diferenciado entre as cultivares, sendo observado este resultado para os produtos Kellus Imune®, Big Red® e Supa

Sílica®, os quais proporcionaram maiores NR para cultivar BMX Lança IPRO em relação a cultivar BMX Elite IPRO. Entretanto, no experimento 2 este efeito diferencial dos produtos foram observados para Supa Cobre® e Phyto Dunger®, os quais aumentaram o NR da cultivar BMX Elite IPRO (Tabela 6).

Quanto ao número de legumes (NL), no experimento 1, observou-se que os indutores diferiram entre si e em relação à testemunha, apenas quando aplicados na cultivar BMX Elite IPRO, onde os dois melhores resultados foram obtidos com os produtos Phyto Dunger® e Supa Cobre®. No experimento 2, os indutores proporcionaram efeitos positivos para ambas as cultivares, sendo que para cultivar BMX Lança IPRO todos estes apresentaram efeitos semelhantes e superiores a testemunha (Tabela 6).

Neste mesmo experimento, para cultivar BMX Elite IPRO observou-se que a testemunha, inoculada e sem tratamento não produziu nenhum legume, bem como as plantas tratadas com o produto Bion®, e que os demais indutores afetaram positivamente a formação de legumes, sendo os produtos Big Red® e o Supa Sílica® os que promoveram o maior NL (Tabela 6).

Em ambos os experimentos foi verificado efeito diferencial entre as cultivares quanto ao NL, apenas para alguns indutores, os quais promoveram maior formação de legumes para a cultivar BMX Lança IPRO em relação a cultivar BMX Elite IPRO. Os indutores que apresentaram este efeito foram Big Red® e Supa Sílica® (exp. 1) e Kellus Imune® e Bion® (exp. 2).

De acordo com os resultados da análise de variância, observou-se efeito significativo dos fatores independentes, cultivares e indutores, e da interação entre os fatores sobre a multiplicação do *M. incognita*, demonstrada através das variáveis NG, PF e FR (Apêndice F/Tabela 7). Ambas cultivares de soja apresentaram suscetibilidade a *M. incognita*, sendo a maior multiplicação observada na cultivar BMX Lança IPRO. Quanto aos indutores, estes proporcionaram efeitos significativos em relação à testemunha induzindo resistência para as plantas de soja à patogenicidade do *M. incognita*.

Analisando-se a interação cultivar *versus* indutores para a variável número de galhas (NG), verificou-se que em ambos os experimentos, as duas cultivares de soja desenvolveram pequeno número de galhas embora a viabilidade do inóculo tenha se confirmado com o bom desenvolvimento do nematoide nas plantas de tomate inoculadas (Tabela 7). No experimento 1, os indutores mesmo diferindo sobre seu efeito no NG, não induziram resistência as plantas de

soja à *M. incognita*, verificando-se formação de galhas. Para cultivar BMX Elite IPRO, os indutores Kellus Imune®, Bion® e Yantra® proporcionaram número de galhas semelhantes à testemunha, e os demais produtos não interferiram na formação de galhas. Entretanto, para a cultivar BMX Lança IPRO observou-se que os produtos Supa Cobre® e Phyto Dunger® apresentaram efeito significativo, ou seja, reduziram o NG em relação a testemunha (Tabela 7).

No experimento 2, os produtos testados apresentaram comportamento semelhante ao experimento 1 para cultivar BMX Elite IPRO, não demonstrando indução de resistência, onde todas as plantas tratadas desenvolveram galhas, embora os produtos Supa Cobre® e Yantra® tenham proporcionado NG semelhantes à testemunha. Já para cultivar BMX Lança IPRO, observou-se efeito significativo no NG, ou seja, houve uma redução quando aplicados os produtos Phyto Dunger®, Yantra®, Kellus Imune® e Supa Sílica® (Tabela 7).

Alguns indutores apresentaram efeito diferencial quando avaliado o seu efeito individual entre as cultivares de soja. A cultivar BMX Elite IPRO, embora tenha demonstrado maior resistência ao ataque dos nematoides, observado pelo menor NG da testemunha, foi a cultivar que melhor respondeu a aplicação dos indutores Kellus Imune®, Bion® e Big Red®, os quais proporcionaram maior redução na formação de galhas, em relação a cultivar BMX Lança IPRO, para ambos os experimentos (Tabela 7).

As aplicações dos indutores de resistência proporcionaram redução significativa na população final (PF) de *M. incognita* nas duas cultivares de soja, em ambos os experimentos. Para a cultivar BMX Elite IPRO os melhores produtos, no experimento 1, foram Supa Silica® no NG, ou seja, houve uma redução quando aplicados os produtos Phyto Dunger®, Yantra®, Phyto Dunger®, Bion® e Big Red® e no segundo experimento todos os produtos induziram resistência, ocasionando redução na multiplicação do nematoide, embora não tenham diferido entre si. As maiores reduções foram proporcionadas pelos tratamentos com Big Red®, Kellus Imune®, Yantra® e Bion® em relação à testemunha (Tabela 7).

Para a cultivar BMX Lança IPRO, no experimento 1, alguns produtos interferiram negativamente na reprodução do nematoide, reduzindo a PF, sendo os melhores resultados obtidos com Reforce®, Supa Sílica®, Supa Cobre® e Phyto Dunger®. Já, no segundo experimento, todos os indutores reduziram significativamente a PF do nematoide, sendo as maiores reduções proporcionadas por Reforce®, Supa Sílica®, Bion® e Yantra® (Tabela 7).

Tabela 7 – Número de galhas, população final e fator de reprodução de fitonematóides em plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.

Indutores de resistência	Exp. 1		Exp. 2	
	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO	BMX Elite IPRO	BMX Lança IPRO
Número de galhas				
Big Red®	75,17 cB	217,17 aA	132,00 bB	321,00 aA
Bion®	37,17 cB	99,83 bA	130,00 bB	203,00 cA
Kellus Imune®	40,50 cA	91,67 bA	20,00 cB	58,50 dA
Phyto Dunger®	92,83 cA	53,50 bA	25,00 aA	6,00 bE
Reforce®	230,00 aA	96,50 bB	10,67 cB	245,50 bA
Supa Cobre®	150,83 bA	65,33 bB	36,00 cB	343,00 aA
Supa Sílica®	107,17 cA	143,33 bA	231,00 aA	73,00 dB
Yantra®	37,17 cB	220,17 aA	48,00 cA	39,00 dA
Testemunha	59,33 cA	121,00 bA	37,50 cB	201,80 cA
População Final				
Big Red®	9275 cB	25258 aA	3008 bB	17850 bA
Bion®	8138 cB	30450 aA	4091 bA	3275 cA
Kellus Imune®	14112 cA	20231 bA	3541 bB	22750 bA
Phyto Dunger®	6422 cB	17500 bA	12066 bA	17791 bA
Reforce®	11660 cA	8950 bB	5975 bA	2383 cA
Supa Cobre®	10540 cA	16225 bA	5250 bB	21816 bA
Supa Sílica®	6140 cA	11163 bA	6266 bA	2825 cA
Yantra®	22822 bA	24728 aA	3875 bA	5725 cA
Testemunha	35440 aA	33533 aA	39325 aA	40500 aA
Fator de Reprodução				
Big Red®	4,64 cB	12,63 aA	1,50 bB	8,92 bA
Bion®	4,07 cB	15,22 aA	2,05 bA	1,64 cA
Kellus Imune®	7,06 cA	10,11 aA	1,77 bB	11,37 bA
Phyto Dunger®	3,21 cB	8,75 bA	6,03 bA	8,39 bA
Reforce®	5,83 cA	4,47 bA	2,99 bA	1,20 cA
Supa Cobre®	5,27 cA	8,11 bA	2,62 bB	10,91 bA
Supa Sílica®	3,07 cA	5,58 bA	3,13 bA	1,41 cA
Yantra®	11,41 bA	12,36 aA	1,94 bA	2,86 cA
Testemunha	17,72 aA	16,77 aA	19,66 aA	20,25 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

Para ambos os experimentos verificou-se que alguns indutores apresentaram efeitos individuais diferenciados entre as cultivares quanto à interferência na densidade populacional do nematoide. Os melhores resultados foram observados para a cultivar BMX Elite IPRO, sendo o Big Red® o único produto que apresentou efeito de redução da PF em ambos os experimentos (Tabela 7). A aplicação dos indutores reduziu a multiplicação do *M. incognita* em ambas cultivares de soja, como verificou-se através da redução do Fator de Reprodução (FR) em relação à testemunha, para ambos experimentos (Tabela 7).

Para cultivar BMX Elite IPRO, no experimento 1, os produtos demonstraram efeito positivo de controle, reduzindo o FR através da indução de resistência, sendo os melhores resultados promovidos com os produtos Supa Silica®, Phyto Dunger®, Big Red® e Bion® em relação à testemunha. Já no experimento 2, para esta mesma cultivar, os indutores também demonstraram efeito positivo de controle da multiplicação do nematoide, embora não tenham diferido estatisticamente entre si (Tabela 7).

Quando os indutores foram aplicados na cultivar BMX Lança IPRO, em ambos os experimentos, promoveram efeitos significativos, ocasionando redução da multiplicação do nematoide, com menor FR. As maiores reduções tanto no experimento 1 com no 2 foram proporcionadas pelos produtos Reforce® e Supa Sílica® (Tabela 7).

Em ambos os experimentos, verificou-se que alguns indutores apresentaram efeitos de controle diferenciado entre as cultivares. A cultivar BMX Elite IPRO, embora tenha demonstrado maior resistência ao ataque dos nematoides, observado pelo menor NG da testemunha, foi a cultivar que melhor respondeu a aplicação dos indutores, sendo o tratamento com Big Red®, o que proporcionou maior redução na formação de galhas, em relação a cultivar BMX Lança IPRO, em ambos os experimentos (Tabela 7).

4.4 DISCUSSÃO

Embora a cultivar BMX Lança IPRO tenha apresentado maior desempenho vegetativo, representado pelas variáveis MFR e MSPA, esta cultivar também apresentou maior suscetibilidade as espécies de *Meloidogyne* testados, representados pelas maiores médias nas variáveis NG, PF e FR, quando comparado com a cultivar BMX Elite IPRO. De maneira geral, os materiais genéticos apresentam diferenças morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, sendo

justificados pelos diferentes resultados observados para as cultivares de soja BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO.

O fato da maioria dos indutores reduzirem o fator de reprodução dos nematoides justifica o fato da ocorrência da indução de resistência ocorrida, demonstrando que os indutores proporcionaram resultados diferenciados para as inúmeras variáveis analisadas, e por isso, são eficientes em reduzir os danos ocasionados pelos nematoides em cultivos de soja. Estes resultados diferenciados observados nas cultivares, nas espécies de nematoide e nos experimentos, representa a natureza de ação inespecífica e sistemática dos indutores.

Em geral, as médias do número de galhas apresentaram valores baixos, o que pode ter ocorrido em função das condições edafoclimáticas ocorridas durante a condução dos experimentos. Possivelmente, a temperatura pode ter contribuído para o baixo número de galhas nos tratamentos, uma vez que a temperatura ideal para o desenvolvimento da maioria de espécies de *Meloidogyne* está entre 15 e 30°C (DECKER, 1989), sendo que a temperatura média observada durante a fase experimental foi de 19,7°C. Temperaturas bem inferiores foram verificadas durante alguns dias.

Os indutores Yantra® (composto pela mistura de compostos de enxofre + magnésio + cobre), Reforce® e Kellus Imune® (fertilizantes a base de fosfito de potássio), Supa Sílica® (fertilizante a base de silicato de potássio), Bion® (composto por Acibenzolar-S-Methyl), Phyto Dunger® (Cobre + hidroxiamina + salicílicos), Big Red® (Óxido Cuproso) foram os indutores que apresentaram os melhores resultados no controle dos fitonematoides, para as variáveis NG, PF e FR.

Reforce® e Yantra® são produtos à base de fosfito de potássio, o qual apresenta elevada solubilidade, rápida absorção pelas plantas, ação sistêmica, com translocação via xilema e floema (GUEST & GRANT, 1991). A redução da população final dos nematoides e do número de galhas em plantas de soja verificada neste trabalho, corrobora com Assunção et al., (2010), que testando fosfito de potássio na indução de resistência de cana de açúcar no controle de *Meloidogyne incognita*, constataram redução da densidade populacional dos nematoides. Neste mesmo sentido, Dias-Arieria et al., (2012) verificaram redução da população de *Pratylenchus brachyurus* em plantas de milho utilizando fosfito de potássio.

Quando Daniel & Guest (2006) trabalharam com fosfito de potássio para indução de resistência em plantas de *Arabidopsis thaliana* inoculadas com *Phytophthora palmivora*, os

autores verificaram efeito positivo no controle deste patógeno, a partir da reação de hipersensibilidade e acúmulo de compostos fenólicos. Os fosfitos agem inibindo o crescimento micelial e a esporulação do patógeno, além de induzir na planta a produção de fitoalexinas, fenilalanina-amônia-liase e compostos como a lignina e o etileno, que agem no processo de defesa da planta (NEMESTOTHY & GUEST, 1990; PANICKER & GANGADHARAN, 1999). Dessa forma, acredita-se que os indutores Reforce® e Yantra® promoveram indução de resistência nas plantas de soja contra os nematoides testados, através da alteração enzimática, respostas de hipersensibilidade, produção de compostos antimicrobianos, dentre outros.

A redução da população final (PF) de ambos nematoides quando realizada a aplicação do indutor Supa Sílica®, está de acordo com o obtido por outros autores como Guimarães et al., (2008), que observaram redução do número de ovos por grama de raiz, quando aplicado silicato de potássio em plantas de cana de açúcar contra nematoides dos gêneros *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zaeae*. Em outro experimento, Guimarães et al., (2010) verificaram que a aplicação de silicato de potássio em plantas de cana de açúcar alterou a atividade enzimática das plantas, promovendo elevação dos níveis de peroxidases e β -1,3-glucanases, enzimas elicitadas pelos indutores, que tendem a conferir proteção contra patógenos.

O silício é absorvido pelas plantas como ácido monossilícico, porém o teor de absorção é variável entre espécies. A promoção do aumento da atividade enzimática, como peroxidases e polifenoloxidase e a presença de fitoalexinas em plantas tratadas com silício levantam a hipótese do envolvimento na indução das reações de defesa da planta (Pozza et al., 2004). Neste sentido, Oliveira et al., (2012) sugerem que a produção de peroxidases ocorre em plantas mais resistentes a meloidoginoses, sendo este um mecanismo de defesa das plantas.

O indutor Bion® é um dos mais pesquisados para o manejo de nematoides, cuja eficiência foi comprovada em diferentes estudos, incluindo o controle de *M. incognita* no tomateiro (SILVA et al., 2004; MOLINARI e BASER, 2010), *Meloidogyne exigua* no cafeeiro (SALGADO et al., 2007), *M. javanica* e *R. reniformis* em soja e caupi, respectivamente (CHINNASRI et al., 2003), *P. brachyurus* na cana-de-açúcar (WITTER et al., 2013) e *M. javanica* em soja, quando aplicado sete dias antes da inoculação (PUERARI et al., 2013).

O Bion® (Acibenzolar-S-metil – ASM) proporcionou redução da população final de nematoides, do fator de reprodução e do número de galhas, destacando-se e confirmando sua eficiência no controle de nematoides na cultura da soja. Neste mesmo sentido, quando Chinnasri

et al., (2003) aplicaram acibenzolar-S-metil em plantas de abacaxi, verificaram redução de 51 % na reprodução de *R. reniformis* nas raízes das plantas. A reprodução de *M. javanica* também foi reduzida com o aumento das doses de acibenzolar-S-metil, observando-se redução de 31 % na concentração de 100 mg L⁻¹. Os autores afirmaram que, na cultura do abacaxi, a aplicação de acibenzolar-S-metil permitiu a manutenção de baixas densidades populacionais de nematoides por cerca de um ano, com pequenos efeitos adversos no crescimento das plantas.

Outros autores como Puerari et al., (2013), ao testarem a ação de 0,5 g/L de ASM em aplicação foliar em plantas de soja resistentes (cv. MG/BR 46 Conquista) e suscetíveis (BRS MT Pintado) a *M. javanica*, observaram maior redução de ovos/J2 com aplicação antes da inoculação. Uma única aplicação de ASM reduziu *M. javanica* e *Rotylenchulus reniformis* em feijão caupi e soja em casa de vegetação (CHINNASRI et al., 2003). Owen et al., (1998) avaliaram o efeito de ácido metil salicílico (ASM) na indução de resistência a *M. javanica* e *M. arenaria* em videira, verificando redução de 40 a 80% do número de galhas e de ovos quando comparado a testemunha. Quando o ácido salicílico, o fosfito de potássio e o silicato de potássio foram avaliados por Salgado et al., (2007) quanto aos seus efeitos sobre a eclosão e a mortalidade de juvenis de *Meloidogyne exigua*, os autores verificaram menor eclosão de juvenis e maior mortalidade quando tratados com silicato de potássio e ácido salicílico.

De maneira geral, o silício (contido nos indutores Supa Sílica®, Phyto Dunger® e Bion®) pode induzir mecanismos de defesa na planta pela ativação da síntese de substâncias como fenóis, lignina, suberina e calose na parede celular (TERRY & Joyce, 2004). Os efeitos do silício estão sendo bastante estudados, pois este elemento não é considerado essencial, no entanto promove numerosos efeitos benéficos para as plantas (LUYCKX et al., 2017). Sob condições de estresse abiótico, ele pode regular a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS) a partir do sistema antioxidante, o que reduz o estresse oxidativo (KIM et al., 2017). Pode também promover ajustes fisiológicos, como aumento da condutância estomática e transpiração em condições de estresse (RIOS et al., 2017). Particularmente, o Si melhora a resistência das plantas contra patógenos a partir de enzimas relacionadas à defesa, estimulação da produção de compostos antimicrobianos, regulação das vias de sinalização e ativação da expressão de genes relacionados à defesa (WANG et al., 2017).

O silício pode induzir barreiras bioquímicas e, uma vez polimerizado em sílica amorfa, gera barreiras físicas (DANN & LE, 2017). Além disso, o seu acúmulo em paredes

celulares, espaços intracelulares e tricomas de folhas gera estruturas mais firmes e mais rígidas (FERREIRA et al., 2015). No citoplasma, induz barreiras bioquímicas, como ativação de vias metabólicas, como ácido silícico e ácido jasmônico (JANG et al., 2018), das enzimas detoxificantes superóxido dismutase, catalase (CAO et al., 2017), flavonóides e expressão de fenilalanina-amoníaco-liase (RAHMAN et al., 2015).

O silício também participa da superexpressão ou repressão de genes relacionados à patogenicidade (BRUNINGS et al., 2009). Foi documentado que a aplicação de silício pode estimular a resistência sistêmica adquirida (SAR) pela regulação de genes envolvidos na resposta de hipersensibilidade e na via de defesa induzida pelo ácido jasmônico, induzindo tolerância a patógenos (MANIVANNAN & AHN, 2017). Dessa forma, acredita-se que a resposta de hipersensibilidade seja um dos mecanismos fundamentais que confere proteção/tolerância das plantas a infecções por nematoides das galhas.

Os indutores Phyto Dunger® e Kellus Imune® contêm em sua composição, além de outros, compostos de cobre. Fungicidas a base de cobre são conhecidos por promoverem a proteção de tecidos de parte aérea contra patógenos. Contudo, em trabalhos mais recentes tem sido verificado que nanopartículas de cobre e silicato de potássio estimulam a tolerância de plantas de tomate a doenças bacterianas, não apenas pela ação protetora dos tecidos, mas também pela indução de resistência através da ativação de compostos antioxidantes e enzimáticos, conferindo redução dos danos ocasionados pelos patógenos (CUMPLIDO-NÁJERA et al., 2019). Aplicação de compostos cúpricos podem desencadear a produção de ROS, resultando na ativação de enzimas antioxidantes como mecanismo de detoxificação (ZUVERZA-MENA et al., 2017), justificando, dessa forma, os resultados positivos encontrados neste estudo.

Como visto anteriormente, o ataque de patógenos, incluindo os nematoides (que são pouco estudados no contexto de indução de resistência), induz a planta a defender-se inicialmente através da produção de ROS, gerando estresse oxidativo em plantas (AYBEKE, 2017), e ativando sistema de defesa antioxidante (KANG et al., 2014).

De acordo com as indicações realizadas por Pascholati & Dalio (2018) a infecção por patógenos biotróficos promove reações de resistência através da rota de sinalização dependente do AS, sendo através da resistência sistêmica adquirida (SAR), desencadeando ativação de proteínas-RP, que são de maneira geral, antimicrobianas. Por isso, acredita-se que devido ao

modo de vida do nematoide-das-galhas, seu manejo possa ser beneficiado quando realizada aplicação de compostos como o silício, o cobre, dentre outros.

As vantagens da SAR ocorrem devido a duração do efeito protetor durar dias ou até semanas, não apresentar especificidade, apresenta transmissão via enxertia, permite a planta permanecer em estado de alerta (*priming*), reduz as aplicações de defensivos agrícolas, caráter sistêmico, reduz as chances de resistência pelos patógenos, dentre outras (PASCHOLATI & DALIO, 2018). Quando se utiliza indutores de resistência, os mecanismos de defesa permanecem latentes, sendo ativados na presença de patógenos e/ou outros estresses, e esses mecanismos incluem a morte programada de células, produção de metabólitos secundários antimicrobianos (fitoalexinas), produção de proteínas relacionadas com a patogênese (PR-proteínas), como as quitinases, β -1,3-glucanases, proteínas RPs, defensinas e lignificação da parede celular (OLIVEIRA et al., 2004; VAN LOON, 1997).

Quando plantas de soja são acometidas por patógenos verifica-se o aumento de compostos antioxidantes (TELLES NASCIMENTO et al., 2016), contudo, o gasto energético para planta defender-se de um patógeno é alto. Assim, é possível esperar que, se uma maior capacidade antioxidante for induzida nas plantas através de indutores, elas possam tolerar, em maior grau, o ataque dos diferentes patógenos. Dessa forma, justifica-se o uso de indutores de resistência em plantas de soja para o controle do nematoide-das-galhas, através da redução da população final, fator de reprodução, número de galhas, maior desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, tornando o manejo mais sustentável e rentável na lavoura, através da redução de uso de agroquímicos.

4. 5 CONCLUSÃO

Os indutores de resistência testados apresentam efeitos positivos no controle de *M. arenaria* e *M. incognita*, que variam conforme cultivar e época de cultivo. Todos os indutores de resistência, com exceção do Yantra® e Supa Cobre®, apresentaram eficiência no controle dos fitonematoides.

4. 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASMUS, G.L.; ANDRADE, P. J. M. Reação de cultivares de soja recomendadas para o estado do Mato Grosso do Sul a *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Vol. 20(2) – 1996.

ASSUNÇÃO, A.; SANTOS, L. C.; ROCHA, M. R.; REIS, A. J. S.; TEIXEIRA, R. A. & LIMA, F. S. O. Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne incognita* em cana de açúcar (*Saccharum spp.*) **Nematologia Brasileira.**, v. 34, p. 56-62, 2010.

ASMUS, G. L. Ocorrência de nematoidesfitoparasitos em algodoeiro no estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira** 28:77-86. 2004.

AYBEKE, M. *Fusarium* infection causes genotoxic disorders and antioxidant-based damages in *Orobanche spp.* **Microbiological Research.**, v. 201, p. 46–51, 2017.

BONETTI, J. I. & S. FERRAZ. Modificações no método Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua*, em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 533, 1981.

BRUINSMA, J. S. S. **Avaliação de métodos para o estudo da resistência de genótipos de soja a *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, RS. 59 p. 2013.

BRUNINGS, A. M.; DATNOFF, L. E.; MA, J. F.; MITANI, N.; NAGAMURA, Y.; RATHINASABAPATHI, B. Differential gene expression of rice in response to silicon and rice blast fungus *Magnaporthe oryzae*. **Annals of Applied Biology**, v. 155, p. 161–170, 2009.

CAO, B. L. I.; WANG, L.; GAO, S.; XIA, J.; XU, K. Silicon-mediated changes in radial hydraulic conductivity and cell wall stability are involved in silicon-induced drought resistance in tomato. **Protoplasma**, v. 254, p. 2295–2304, 2017.

CHINNASRI, B.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Effects of acibenzolar-S-methyl application to *Rotylenchulus reniformis* and *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, v. 35, p. 110-114, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2017.** CONAB, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 03 de setembro de 2018.

CUMPLIDO-NÁJERA, CF, GONZÁLEZ-MORALES, S., ORTEGA-ORTÍZ, H., CADENAS-PLIEGO, G., BENAVIDES-MENDOZA, A., E JUÁREZ-MALDONADO, A. (2019). A aplicação de nanopartículas de cobre e silicato de potássio estimula a tolerância ao *Clavibacter michiganensis* em tomateiro. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 82-89, 2019.

DANIEL, R.; GUEST, D. I. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. **Physiological and Molecular Plant Pathology.**, v. 67, p. 194-201, 2006.

DANN, E. K.; LE, D. P. Effects of silicon amendment on soilborne and fruit diseases of avocado. **Plants**, v. 6, p. 51, 2017.

DECKER, H. **Plant nematodes and their control: phytonematology**. New York: Brill, 1989.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; MARINI, P. M.; FONTANA, L. F.; et al.. Effect of *Azospirillum brasiliense*, Stimulate® and potassium phosphite to control *Pratylenchus brachyurus* in soybean and maize. **Nematropica**, v.42, n.1, p.170-175, 2012.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; et al.. **Nematoides em soja: identificação e controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8 p. (Embrapa soja. Circular Técnica 76).

DIAS, C. R.; FERRAZ, S. Efeito de frações biodigeridas de esterco de galinha sobre a eclosão e mortalidade de juvenis de *Heterodera glycines*. **Nematologia brasileira**, 2001, vol. 25(1):99-101

EBRAHIM, S., USHA, K., SINGH, B., 2011. **Pathogenesis related (PR) proteins in plant defense mechanism**. In: Méndez-Vilas, A. (Ed.), Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances. Formatec, pp. 1043–1054.

FERREIRA, D.F. SISVAR - **Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2008.

FERREIRA, H.A.; NASCIMENTO, C.W.; DO, A.; DATNOFF, L.E.; NUNES, G.H.; DE, S.; PRESTON, W.; SOUZA, E. B de. Effects of silicon on resistance to bacterial fruit blotch and growth of melon. **Crop Protection**, v. 78, p. 277–283, 2015.

GUEST, D. I.; GRANT, B. R. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Review**, v. 66, p. 159-187, 1991.

GUIMARÃES, L. M. P.; PEDROSA, E. M. R.; COELHO, R. S. B.; COUTO, E. F.; MARANHÃO, S. R. V. L.; CHAVES, A. Eficiência e atividade enzimática elicitada por metil jasmonato e silicato de potássio em cana-de-açúcar parasitada por *Meloidogyne incognita*. **Summa Phytopathol**, v. 36, p. 11-15, 2010.

GUIMARÃES, L. M. P.; PEDROSA, E. M. R.; COELHO, R. S. B.; CHAVES, A.; MARANHÃO, S. R. V. L.; MIRANDA, T. L. Efeito de metil jasmonato e silicato de potássio no parasitismo de *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus zae* em cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 50-55, 2008.

HUSSEY, R.; BARKER, K. R. A Comparations of methods of collecting inocula of *Meloidogyne spp.* Including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

JANG, S.-W.; KIM, Y.; KHAN, A. L.; NA, C. I.; LEE, I. J. Exogenous short-term silicon application regulates macro-nutrients, endogenous phytohormones, and protein expression in *Oryza sativa* L. **BMC Plant Biol.**, v. 18, n. 4, 2018.

JAEHN, A., M.L. MENDES & M.F.A. SILVA. 1998. Nematóides fitoparasitos associados a cultura da soja *Glycine max* (L.) Merr., no Vale do Paranapanema, SP. **Nematologia Brasileira**, 22 (1): 79-81

KANG, G.; LI, G.; GUO, T. Molecular mechanism of salicylic acid-induced abiotic stress tolerance in higher plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 36, p. 2287–2297, 2014.

KIM, Y.-H.; KHAN, A. L.; WAQAS, M.; LEE, I.-J. Silicon regulates antioxidant activities of crop plants under abiotic-induced oxidative stress: a review. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1–7, 2017.

LUYCKX, M., HAUSMAN, J.-F., LUTTS, S., GUERRIERO, G. Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1–8, 2017.

MANDAL, S. Induction of phenolics, lignina and key defense enzymes in eggplant (*Solanum melongena* L.) roots in response to elicitors. **African Journal of Biotechnology**, v.9 , n. 47, p. 8038–8047, 2010.

MANIVANNAN, A.; AHN, Y. K. Silicon regulates potential genes involved in Major physiological processes in plants to combat stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1–13, 2017.

MOLINARI, M.; BASER, N. Induction of resistance to root-knot nematodes by SAR elicitors in tomato. **Crop Protection**, v. 11, p. 1354-1362, 2010.

NEMESTOTHYD, G.S.; GUEST, I. Phytoalexin accumulation, phenylalanine ammonia lyase activity and ethylene biosynthesis in foseyl-Al treated resistant and susceptible tobacco cultivars infected with *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**. Volume 37, Issue 3, September 1990, Pages 207-219

OLIVEIRA, S. M. A.; DANTAS, S. A. F. D.; GURGEL, L. M. S. Indução de resistência em doenças pós-colheita em frutas e hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.12, p. 343-372, 2004.

OLIVEIRA, R. M.; RIBEIRO, R. C. F.; XAVIER, A. A.; PIMENTA, L.; KORNDORFER, G. H. Efeito do silicato de cálcio e magnésio sobre a reprodução de *Meloidogyne javanica* e desenvolvimento de mudas de bananeira prata-anã. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 2, p. 409-415, Junho 2012.

OOSTENBRINK, M. Major characteristic of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhogeschool**, Wageningen – Nederlands, 1966. 46 p.

OOSTENDORP, M. et al. Induced disease resistance in plants by chemicals. **European Journal of Plant Pathology**, London, v. 107, p. 19-28, 2001.

OWEN, K. J.; GREEN, C. D.; DEVERALL, B. J. Systemic acquired resistance against root-knot nematodes in grapevines. Sydney, **International Congress of Plant Path. P.**, v. 38, 1998.

PANICKER, S.; GANGADHARAN, K. Controlling downy mildew of maize caused by *Peronosclerospora sorghi* by foliar sprays of phosphonic acid compounds. **Crop Protection**. Volume 18, Issue 2, March 1999, Pages 115-118.

PASCHOLATI, S. F. & DALIO, R. J. D. **Fisiologia do parasitismo: como as plantas se defendem dos patógenos**. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A. Manual de fitopatologia: princípios e conceitos, vol 1. 5 ed. Ouro Fino – MG: Agronômica Ceres, 2018.

POZZA, A.A.A.; POZZA E.A.; SANTOS, D.M. O silício no controle de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.12, p.373-402, 2004.

PUERARI, H. H.; DIAS-ARIEIRA C. R.; DADAZIO T. S.; MATTEI D.; SILVA T. R. B.; RIBEIRO R. C. F. Evaluation of acibenzolar-S-methyl for the control of *Meloidogyne javanica* and effects on the development of susceptible and resistant soybean. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, p. 44-48, 2013.

RAHMAN, A.; WALLIS, C. M.; UDDIN, W. Silicon-induced systemic defense responses in perennial ryegrass against infection by magnaporthe oryzae. **Phytopathology**, v. 105, p. 748–757, 2015.

RIOS, J.J., MARTÍNEZ-BALLESTA, M.C., RUIZ, J.M., BLASCO, B., CARVAJAL, M., 2017. Silicon-mediated improvement in plant salinity tolerance: the role of aquaporins. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, p. 1–10, 2017.

SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Efeito de indutores de resistência sobre *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. **Ciência Agrotécnica**, v. 31, p. 1007-1013, 2007.

SASSER, J. N. - **Economic importance of Meloidogyne in tropical countries**. 1979

SILVA, G. S. Métodos alternativos de controle de fitonematoides. Universidade Estadual do Maranhão – Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade. **RAPP**, v. 19, 2011.

SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicações do acibenzolar-s-metil. **Nematologia Brasileira**, v. 28, p. 199-206, 2004.

TELLES NASCIMENTO, K. J.; DEBONA, D.; SILVEIRA, P. R.; SILVA, L. C.; DAMATTA, F. M.; RODRIGUES, F. Á. 2016. Silicon-induced changes in the antioxidant system reduce soybean resistance to frogeye leaf spot. **Journal of Phytopathology**, v. 164, p. 768–778, 2016.

TERRY, L. A.; JOYCE, D. C. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. **Postharvest Biology and Technology**. Volume 32, Issue 1, April 2004, Pages 1-13.

VAN LOON, L. C. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis-related proteins. **European Journal of Plant Pathology**, v. 103, p. 753-765, 1997.

WALTERS, D. R.; FOUNTAINE, J.M. Practical application of induced resistance to plant diseases: an appraisal of effectiveness under field conditions. **The Journal of Agricultural Science**. Volume 147, Issue 5 October 2009, pp. 523-535.

WANG, M.; GAO, L.; DONG, S.; SUN, Y.; SHEN, Q.; GUO, S., Role of silicon on plant—pathogen interactions. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, p. 1–14, 2017.

WITTER, L., L. C. SANTOS, M. R. ROCHA, E K. A. G.BARBOSA. 2013. Indução de resistência no manejo integrado de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. In: **Anais do Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão**, 10:6060-6074.

ZUVERZA-MENA, N.; MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, D.; DU, W.; HERNANDEZ-VIEZCAS, J. A.; BONILLABIRD, N.; LÓPEZ-MORENO, M. L. Exposure of engineered nanomaterials to plants: insights into the physiological and biochemical responses-a review. **Plant Physiology and Biochemistry**. v. 110, p. 236–264, 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância para as variáveis massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivares	Massa fresca de raiz (g)		Massa seca parte aérea (g)	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
BMX Elite IPRO	15,29 b	21,62 b	11,25 b	11,58 a
BMX Lança IPRO	21,18 a	27,22 a	13,24 a	12,21 a
Indutores de Resistência				
Big Red®	21,41 a	27,44 a	12,38 b	11,58 b
Bion®	17,41 b	23,57 a	11,60 b	12,20 a
Kellus Imune®	16,05 b	18,78 b	12,13 b	9,80 c
Phyto Dunger®	21,18 a	25,04 a	14,20 a	11,11 b
Reforce®	15,73 b	25,89 a	10,05 b	11,77 b
Supa Cobre®	16,71 b	24,40 a	13,28 a	14,24 a
Supa Sílica®	25,06 a	25,30 a	11,75 b	13,92 a
Yantra®	17,81 b	24,66 a	14,08 a	12,88 a
Testemunha	13,77 b	24,72 a	10,74 b	9,52 c
Valores de F				
Cultivar	27,75*	63,86*	11,30*	2,44 ^{ns}
Indutor de resistência	4,19*	5,11*	2,53*	7,37*
Cultivar x Indutor	3,27*	4,06*	3,79*	2,18*
CV (%)	31,82	14,91	25,21	17,55

APÊNDICE B- Análise de variância para as variáveis número de ramificações e número de legumes de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivares	Número ramificações		Número legumes	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
BMX Elite IPRO	20,47 b	12,18 a	11,25 b	18,63 b
BMX Lança IPRO	13,67 a	11,94 b	16,13 a	20,78 a
Indutores de Resistência				
Big Red®	17,33 b	12,33 a	7,37 b	15,83 b
Bion®	16,00 b	11,75 b	17,94 a	20,75 a
Kellus Imune®	16,50 b	11,75 b	18,48 a	21,67 a
Phyto Dunger®	17,75 b	11,50 b	15,38 a	21,33 a
Reforce®	12,17 c	11,92 b	10,54 b	22,08 a
Supa Cobre®	16,83 b	12,00 b	17,10 a	22,00 a
Supa Sílica®	17,00 b	12,75 a	10,62 b	22,58 a
Yantra®	18,17 b	12,08 a	15,08 a	22,67 a
Testemunha	21,67 a	12,50 a	10,74 b	6,17 c
Valores de F				
Cultivar	66,86*	4,38*	19,79*	4,32*
Indutor de resistência	3,94*	5,35*	5,76*	20,63*
Cultivar x Indutor	14,33*	6,13*	7,25*	4,52*
CV (%)	25,20	4,96	41,70	21,17

APÊNDICE C- Análise de variância para as variáveis número de galhas, população final e fator de reprodução de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. arenaria*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivares	Número de galhas		População final		Fator de reprodução	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
BMX Elite IPRO	153,94 b	131,42 b	18969 b	11782 b	9,48 b	5,89 b
BMX Lança IPRO	206,05 a	160,31 a	28893 a	19818 a	14,45 a	9,91 a
Indutores de Resistência						
Big Red®	217,42 b	204,67 a	20680 a	12287 a	10,34 a	7,64 a
Bion®	118,75 c	214,75 a	27663 a	6650 a	13,83 a	3,32 a
Kellus Imune®	115,33 c	98,25 c	22868 a	24012 a	11,43 a	12,01 a
Phyto Dunger®	211,42 b	162,58 b	24600 a	24050 a	12,30 a	12,02 a
Reforce®	142,00 c	105,75 c	24883 a	9950 a	12,44 a	4,97 a
Supa Cobre®	129,75 c	94,58 c	22335 a	20433 a	11,17 a	10,22 a
Supa Sílica®	269,50 b	96,25 c	22391 a	12920 a	11,19 a	6,46 a
Yantra®	370,92 a	156,50 b	23404 a	24000 a	11,70 a	12,00 a
Testemunha	44,92 c	179,50 a	26554 a	4900 a	13,28 a	2,45 a
Valores de F						
Cultivar	4,97*	43,58*	31,90*	17,13*	31,95*	15,05*
Indutor de resistência	14,85*	48,50*	0,76 ^{ns}	3,59*	0,74 ^{ns}	3,11*
Cultivar x Indutor	6,78*	90,06*	1,63 ^{ns}	1,35 ^{ns}	1,62 ^{ns}	1,21 ^{ns}
CV (%)	24,79	8,22	20,12	54,33	18,30	44,44

APÊNDICE D - Análise de variância para as variáveis massa fresca de raiz e massa seca de parte aérea de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivares	Massa fresca de raiz (g)		Massa seca parte aérea (g)	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
BMX Elite IPRO	14,33 b	20,35 a	9,56 b	11,09 a
BMX Lança IPRO	17,24 a	21,29 a	12,01 ab	9,40 b
Indutores de Resistência				
Big Red®	12,20 b	22,12 a	7,46 b	11,57 b
Bion®	12,92 b	18,29 a	9,61 b	7,93 c
Kellus Imune®	14,60 b	21,70 a	12,79 a	8,89 c
Phyto Dunger®	17,48 a	20,36 a	13,69 a	8,70 c
Reforce®	19,19 a	19,61 a	12,93 a	10,57 b
Supa Cobre®	18,83 a	22,39 a	11,08 a	10,43 b
Supa Sílica®	17,25 a	21,61 a	9,07 b	12,81 a
Yantra®	14,53 b	19,30 a	8,49 b	11,19 b
Testemunha	15,08 b	22,03 a	11,95 a	10,13 b
Valores de F				
Cultivar	12,75*	1,49 ^{ns}	24,62*	19,53*
Indutor de resistência	4,20*	1,66 ^{ns}	8,87 *	7,19*
Cultivar x Indutor	5,88*	10,43*	2,84*	4,26*
CV (%)	26,88	19,07	23,86	19,43

APÊNDICE E - Análise de variância para as variáveis número de ramificações e número de legumes de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivares	Número ramificações		Número legumes	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
BMX Elite IPRO	17,02 a	11,85 b	9,26 b	14,39 b
BMX Lança IPRO	9,40 b	12,61 a	11,18 a	16,35 a
Indutores de Resistência				
Big Red®	14,67 b	12,17 ab	9,33 a	20,83 a
Bion®	19,75 a	12,17 ab	10,08 a	6,83 c
Kellus Imune®	20,42 a	12,50 ab	10,75 a	14,42 b
Phyto Dunger®	21,50 a	12,17 ab	11,33 a	17,67 a
Reforce®	21,92 a	12,50 ab	10,33 a	19,33 a
Supa Cobre®	19,25 a	12,00 ab	10,83 a	18,75 a
Supa Sílica®	16,75 b	12,17 ab	9,75 a	20,42 a
Yantra®	16,08 b	12,58 b	10,00 a	20,50 a
Testemunha	22,83 a	12,83 a	9,58 a	1,58 d
Valores de F				
Cultivar	25,06*	20,06*	29,65*	4,87*
Indutor de resistência	4,68*	1,93*	1,50 ^{ns}	27,06*
Cultivar x Indutor	3,66*	2,32*	2,88*	7,11*
CV (%)	23,51	7,20	17,89	30,08

APÊNDICE F - Análise de variância para as variáveis população final, fator de reprodução e número de galhas de plantas de soja das cultivares BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência para controle de *M. incognita*. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivares	População final		Fator de reprodução		Número de galhas	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
BMX Elite IPRO	13838 b	9266 b	6,92 b	4,63 b	92,42 b	100,24 b
BMX Lança IPRO	20893 a	148779 a	10,45 a	7,44 a	123,05 a	165,65 a
Indutores de Resistência						
Big Red®	17266 c	10429 b	8,63 c	5,21 b	145,67 a	226,50 a
Bion®	19294 c	3683 c	9,65 c	1,84 c	68,50 b	166,50 c
Kellus Imune®	17171 c	13145 b	8,59 c	6,57 b	66,08 b	39,25 e
Phyto Dunger®	11961 d	14429 b	5,98 d	7,21 b	73,17 b	131,50 d
Reforce®	10305 d	4179 c	5,15 d	2,08 c	163,25 a	128,08 d
Supa Cobre®	12382 d	12533 b	6,69 d	6,77 b	108,08 a	189,50 b
Supa Sílica®	8651 d	4545 c	4,32 d	2,27 c	125,25 a	152,00 c
Yantra®	23775 b	4800 c	11,88 b	2,40 c	128,67 a	43,50 e
Testemunha	34486 a	39912 a	17,24 a	19,96 a	90,17 b	119,67 d
Valores de F						
Cultivar	20,99*	5,54*	20,37 *	7,07*	12,06*	103,06*
Indutor de resistência	8,65*	15,11*	8,69*	16,22*	6,06*	56,46*
Cultivar x Indutor	2,59*	3,26*	2,57*	3,26*	11,49*	126,33*
CV (%)	28,35	43,10	24,44	32,90	23,03	13,01

5 CAPÍTULO IV – INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA: INDUTORES ABIÓTICOS E ATIVIDADE ENZIMÁTICA ELICITADA EM SOJA

5.1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de alimentos básicos depende em grande parte de culturas como a soja (*Glycine max* L.), sendo uma das mais importantes fontes de proteína e óleo vegetal no mundo todo, correspondendo a 70% da matéria prima para biodiesel (FAO, 2012; ANP, 2016). A cultura da soja apresenta grande participação no mercado brasileiro, e participação de 11% da produção global (MAPA, 2015). Na safra 2016/2017, o Brasil produziu 114 milhões de toneladas de soja (USDA, 2017), sendo estimado um aumento de 37% de sua produção para os próximos 10 anos (OCDE/ FAO, 2015). A crescente produção faz com que a cultura apresente grande importância, considerando que sua cadeia produtiva é a única disponível no suprimento de oleaginosas para atender a demanda atual e futura (CREMONEZ et al., 2015).

Embora a produção seja crescente, alguns entraves como a ocorrência de doenças podem reduzir sua lucratividade final. Os sistemas de cultivo atualmente empregados tem favorecido um grande número de doenças (CARMONA et al., 2015), causando grandes perdas econômicas. Contudo, o manejo destas doenças tornou-se desafio na agricultura, pois requer pesticidas muitas vezes com alta toxicidade (CARRASCOSA et al., 2015), elevado número de pulverizações protetivas, podendo promover impactos irreversíveis no ambiente, na saúde humana e na resistência adquirida pelos patógenos. Dessa forma, tem se discutido formas alternativas para reduzir seus impactos com o objetivo de promover uma agricultura mais sustentável (LAMICHHANE et al., 2016).

Nesse contexto, indutores de resistência constituem uma alternativa para o manejo integrado de doenças (HAMMOND-KOSACK & PARKER, 2003). Os indutores de resistência ativam os mecanismos latentes de proteção dos vegetais, mantendo a planta em estado de “*priming*” (FILHO, 1995). A planta pode ativar seus mecanismos de defesa de diversas formas, podendo ocorrer por meio de atividades oxidativas (XUE & YI, 2017), enzimas envolvidas na rota de fenilpropanóides (SANGEETHA & SARADA, 2015), enzimas envolvidas na peroxidação de lipídios (ZHAO & YI, 2014), dentre outras formas.

A peroxidase, por exemplo, é uma importante enzima das plantas e está envolvida em diversas reações, ligações de polissacarídeos, oxidação do ácido indol-3-acético, ligações de

monômeros, lignificação, cicatrização de ferimentos, oxidação de fenóis, defesa de patógenos, regulação da elongação de células e outras (GASPAR et al., 1982; KAO, 2003). Já a enzima polifenoloxidase geralmente é elevada em tecidos infectados e tem grande importância para as plantas, com envolvimento nos mecanismos de defesa ou na senescência (AGRIOS, 2004). Dessa forma, o uso de agentes indutores das defesas da planta é uma alternativa que atende aos requisitos de eficiência de controle e de menor impacto ambiental. Apesar de não evitar a doença, a maioria dos agentes reduz sua intensidade entre em proporções variáveis, além de possuir amplo espectro e ausência de especificidade (WALTERS & FOUNTAINE, 2009).

Aplicação de indutores de resistência que possuem em sua composição silício (Si) é uma opção potencialmente sustentável para a redução de estresses bióticos e abióticos em várias plantas (ETESAMI, 2018). Dessa forma, é cada vez mais frequente o emprego desse tipo de produtos de resistência em diversas culturas, como o trigo (MOYA-ELIZONDO & JACOBSEN, 2016), feijão caupi (BERGER et al., 2016), pimentão (SIDDIQUI & MEON, 2009), pêssego (JIAO et al., 2018), dentre outras.

Com o intuito de aumentar a compreensão dos mecanismos de controle das doenças na cultura da soja conferidos pela aplicação foliar de fertilizantes, objetivou-se, avaliar o período de proteção induzida pelos ativadores estudados, mediante o envolvimento de algumas enzimas relacionadas à defesa, tais como amônia-liases de fenilalanina, peroxidases e polifenoloxidase, em plantas de soja cultivadas em casa-de-vegetação.

5. 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação pertencente ao Instituto Federal Farroupilha, campus Frederico Westphalen/RS e as análises enzimáticas foram realizadas no Laboratório de Micologia, pertencente ao curso de Farmácia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões campus Frederico Westphalen/RS.

Para avaliar o efeito da aplicação de indutores de resistência na expressão de mecanismos de defesa considerou-se um experimento fatorial $2 \times 8 \times 8 + 1$, sendo duas cultivares (BMX Lança IPRO e BMX Elite IPRO), oito tempos de coleta das folhas (1, 2, 4, 6, 8, 24, 48 e 72 horas após a aplicação dos indutores (API) e oito indutores. Na testemunha aplicou-se somente água.

As plantas de soja foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 4L, sendo utilizado o substrato comercial (Plantmax®) e solo (Latosolo vermelho), em mistura na proporção de 1:2. A adubação foi realizada conforme as recomendações técnicas para a cultura e quando necessário, as plantas foram tutoradas com o auxílio de hastes de madeira e cordões de algodão.

Os indutores de resistência utilizados são registrados comercialmente como fertilizantes foliares. Os produtos foram escolhidos por serem amplamente utilizados e comercializados nos sistemas de produção de diferentes níveis tecnológicos no Rio Grande do Sul, conforme descrição na Tabela 1. Estes indutores foram aplicados por aspersão sobre a planta, com auxílio de um borrifador manual, quando as plantas atingiram estágio fenológico de V5. A aplicação foi até o completo molhamento da planta antes do escoamento superficial.

Tabela 1 – Nome comercial, ingrediente ativo, concentração de i.a. e dose comercial dos indutores de resistência avaliados quanto produção de enzimas na cultura da soja. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo (i.a.)	Concentração de i.a.	Dose Comercial
Big Red®	Óxido Cuproso	500 g ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹
Bion®	Acibenzolar S-metílico	500 g ha ⁻¹	25 g ha ⁻¹
Kellus Imune®	Fosfito de potássio + Enxofre + Magnésio + Cobre	697 g ha ⁻¹ + 52 g ha ⁻¹ + 40 g ha ⁻¹ + 10 g ha ⁻¹	1 kg ha ⁻¹
Phyto Dunger®	Cobre + hidroxiamina + salicílicos	48,26 g ha ⁻¹ + 2,1 g ha ⁻¹ + 3,3 g ha ⁻¹	0,1 l ha ⁻¹
Reforce®	Fosfito de potássio	350 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹
Supa Cobre®	Cálcio + cobre	277 g ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹
Supa Sílica®	Silicato de potássio	337 g ha ⁻¹	1 L ha ⁻¹
Yantra®	Fosfito de potássio	440 g ha ⁻¹	0,5 l ha ⁻¹

Em cada período de coleta foram amostradas três plantas de cada tratamento, caracterizando três repetições por período de coleta. As análises foram efetuadas no quarto trifólio e a planta amostrada descartada.

Durante a coleta, as amostras foram mantidas em nitrogênio líquido e em seguida imediatamente armazenadas em ultra-freezer (-80°C) até as análises. Nestas amostras foram determinadas as atividades das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e amônia-liases de fenilalanina.

Extratos enzimáticos foram preparados de acordo com a metodologia descrita por Peixoto et al., (1999) com algumas modificações. Amostras de 0,5 g de folhas correspondendo a cada tratamento foram maceradas em almofariz com nitrogênio líquido com 1 % (v/v) de polivinilpirrolidone (PVP) e 5,0 mL de fosfato de potássio (100 mM/ pH 6,8). Os extratos foram centrifugados a 12.000 rpm x g por 30 min a 4°C e o sobrenadante foi transferido para tubos Eppendorf e armazenado a – 80 °C (DANN & DEVERALL, 2000). Os sobrenadantes foram utilizados para se avaliar a atividade das enzimas polifenoloxidase, peroxidase e fenilalanina amônia-liase.

A atividade da Polifenoloxidase (PPO) foi realizada a partir do extrato enzimático obtido. Para o desenvolvimento da reação, preparou-se o mix com água destilada, tampão para reação e substrato de pirogalol. Pipetou-se para uma cubeta espectrofotométrica, 1450 µL do mix, agitou-se levemente esta mistura, a qual serviu para zerar o espectrofotômetro. Em seguida, acrescentou-se 100 µL do extrato enzimático, agitou-se suavemente e procedeu-se a leitura espectrofotométrica no comprimento de onda de 420 nm, por um período de 90 s, com intervalo de 30 s.

A atividade da peroxidase (POX) foi estimada com base na avaliação do delta (Δ) de absorvância proporcionada com oxidação do pirogalol em presença do peróxido de hidrogênio (DANN & DEVERALL, 2000). Para o desenvolvimento da reação, preparou-se o mix com água destilada, tampão para reação, substrato de pirogalol e substrato de peróxido de hidrogênio. Em uma cubeta espectrofotométrica, pipetou-se 1450 µL do mix, agitou-se levemente esta mistura, a qual serviu para zerar o espectrofotômetro. Após, 50 µL do extrato enzimático foi acrescentado ao mix, agitando-se suavemente procedendo-se a leitura espectrofotométrica no comprimento de onda de 420 nm, por um período de 90 s, com intervalo de 30 s.

A enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) teve sua atividade avaliada com base na diferença de absorvância resultante da conversão da fenilalanina em ácido trans-cinâmico (HYODO et al., 1978). Foram pipetados para tubos de ensaio, 125 µL de cada extrato enzimático, e acrescentado 500 µL do tampão de extração e 250 µL de fenilalanina. Após foi incubada a mistura 30°C por uma hora, interrompendo-se a reação e fazendo as leituras espectrofotométricas a 290 nm.

O teor de proteína solúvel foi determinado colorimetricamente pelo método descrito por Bradford (1976). Para esta determinação, foram pipetados para tubos de ensaio, 50 µL do extrato

enzimático, mais 2,5 mL do reagente “coomassie brilliant blue” (CBB), e posteriormente agitado suavemente cada tubo de ensaio e em espectrofotômetro, realizadas as leituras no comprimento de onda de 595 nm. As leituras das amostras correspondentes aos extratos enzimáticos foram convertidas em concentração de proteína solúvel, por comparação com as leituras de soluções padrões de albumina de soro bovino (BSA) nas concentrações de 0; 5; 12,5; 25 mg.L⁻¹. O reagente CBB foi preparado dissolvendo-se 0,10 g de “coomassie brilliant blue” G-250 em 50 mL de álcool etílico e após adicionado 100 mL de ácido ortofosfórico (d=1,71 g.mL⁻¹) e 850 mL de água destilada.

Os dados, após atendidos os pressupostos, foram submetidos a análise de variância, a fim de verificar interação entre cultivares e tempo após aplicação de indutores de resistência. Verificada a interação entre os fatores, realizou-se análise de regressão objetivando determinar o maior grau do polinômio significativo. As análises estatísticas foram precedidas utilizando o pacote ExpDes (FERREIRA et al., 2014) no programa R (<http://www.R-project.org>).

5. 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados da análise de variância verificou-se interação entre os fatores cultivares x época de coleta x indutores para a atividade das enzimas amônia-liases de fenilalanina (PAL), polifenoloxidase (PPO), peroxidase (POX) e proteína em folhas de soja do cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO. As regressões que melhor explicam o comportamento dos indutores podem ser observadas nas tabelas 2,3,4 e 5.

Nos tratamentos correspondentes a aplicação dos indutores Big Red®, Supa Sílica® e Yantra® observou-se que não houve significância a $p < 0,05$ (Tabela 2; Figura 1). A atividade da enzima PAL elicitada pelos demais indutores em folhas de soja para o cultivar BMX Elite IPRO pode ser visualizada na figura 1.

Os indutores Reforce® e Supa Cobre® promoveram aumento da atividade da enzima PAL, alcançando seu máximo pico de atividade às 72 horas após a aplicação. Para os indutores Phyto Dunger® e Kellus Imune® observou-se que estes induziram a maior atividade da enzima às 48 horas após a aplicação e posteriormente houve decréscimo. O indutor Kellus Imune® se destacou apresentando maior atividade da enzima PAL nas folhas da soja durante o período de

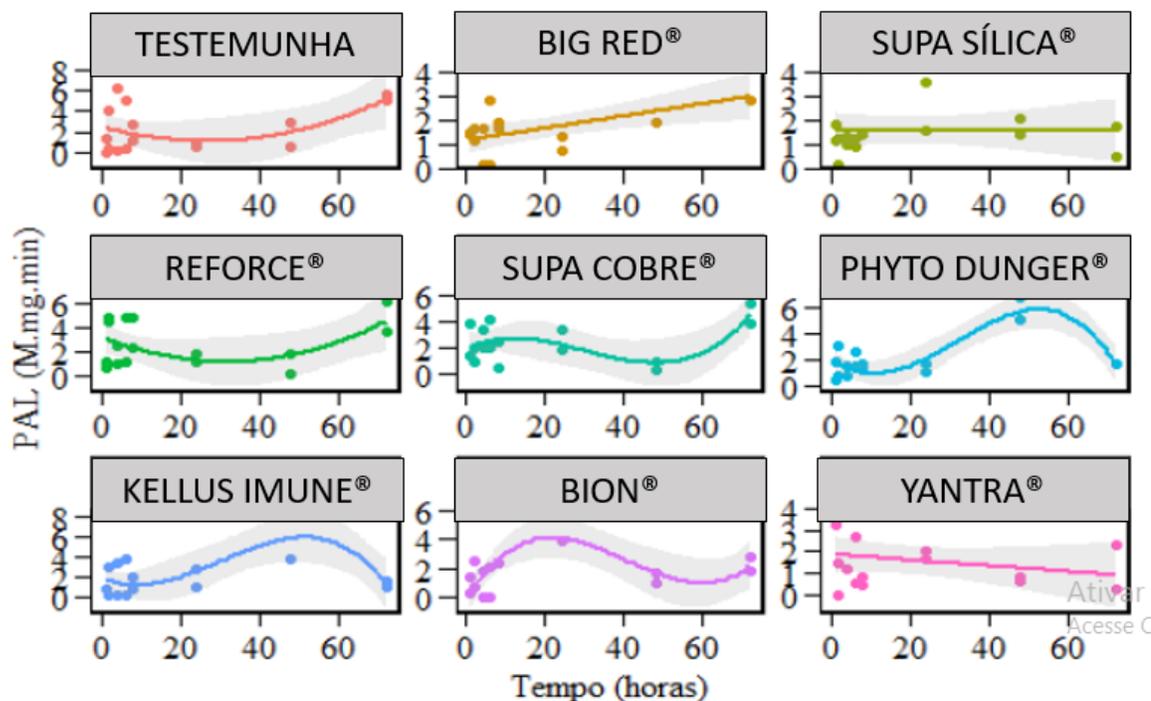
avaliação, com aproximadamente 9,0 M.min.mg, sendo justificado pelo maior valor de coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 2 - Atividade da enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Cultivar	Indutor de resistência	Amônia-liases de fenilalanina (PAL)	
		Equação	R^2
BMX Elite IPRO	Test	$y = 2,527 - 0,1069x + 0,0020x^2$	0.678
BMX Elite IPRO	Big Red®	$y = 1,699$	-
BMX Elite IPRO	Bion®	$y = -0,0669 + 0,4420x - 0,0140x^2 + 0,0001x^3$	0.748
BMX Elite IPRO	Kellus Imune®	$y = 1,8626 - 0,1703x + 0,0114x^2 - 0,0001x^3$	0.887
BMX Elite IPRO	Phyto Dunger®	$y = 2,0982 - 0,2356x + 0,0131x^2 - 0,0001x^3$	0.872
BMX Elite IPRO	Reforce®	$3,1787 - 0,1307x + 0,0021x^2$	0.375
BMX Elite IPRO	Supa Cobre®	$y = 1,9008 + 0,1413x - 0,0074x^2 + 0,0001x^3$	0,733
BMX Elite IPRO	Supa Silica®	$y = 1,568$	-
BMX Elite IPRO	Yantra®	$y = 1,605$	-
BMX Lança IPRO	Test	$y = 1,691$	-
BMX Lança IPRO	Big Red®	$y = 10,225$	-
BMX Lança IPRO	Bion®	$y = 1.7202 + 0.0869x - 0.0012x^2$	0.367
BMX Lança IPRO	Kellus Imune®	$y = 1,516$	-
BMX Lança IPRO	Phyto Dunger®	$y = 1,488$	-
BMX Lança IPRO	Reforce®	$y = 1.3956 - 0,1410x + 0.0068x^2 - 0.0001x^3$	0.318
BMX Lança IPRO	Supa Cobre®	$y = 1,217$	-
BMX Lança IPRO	Supa Silica®	$y = 1,504$	-
BMX Lança IPRO	Yantra®	$y = 2,763$	-

No tratamento correspondente a aplicação do Bion® verificou-se maior pico da atividade desta enzima às 24 horas após aplicação (Figura 1), demonstrando diferença quanto ao período de maior atividade enzimática sendo antecipada aos demais produtos testados. Nas plantas tratadas com o produto Yantra® a atividade enzimática manteve-se decrescente no decorrer das épocas de coletas até 72 horas.

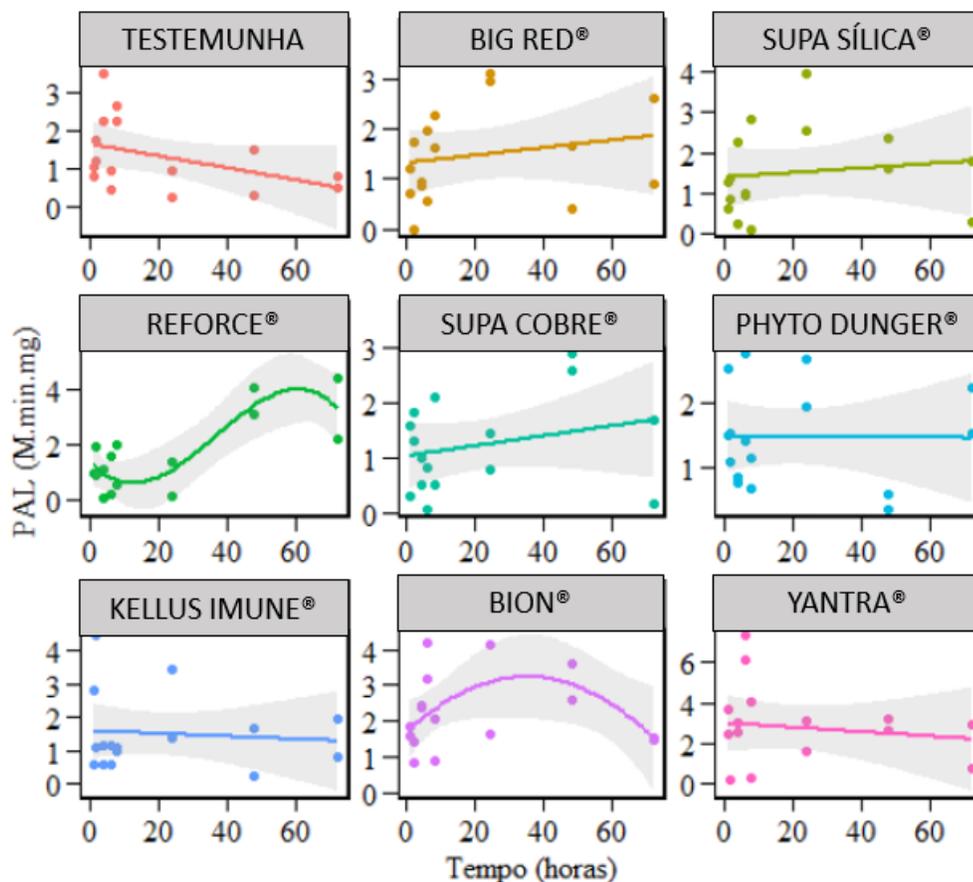
Figura 1 – Atividade da enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.



Os resultados obtidos para a cultivar de soja BMX Lança IPRO foram divergentes dos obtidos para a cultivar BMX Elite IPRO quando analisada a atividade da enzima PAL. De modo geral, a cultivar BMX Lança IPRO apresentou valores mais baixos para esta enzima, e apenas as pulverizações com os indutores Reforce® e Bion® apresentaram significância nos períodos de avaliação (Tabela 2; Figura 2).

O indutor Reforce® se destacou por promover maior atividade enzimática da PAL nos últimos períodos de avaliação, correspondendo as 48 e 72 horas após aplicação. O tratamento com Bion® apresentou curva quadrática, sendo sua maior ativação enzimática ocorrida nas primeiras 24 horas, demonstrando rápida sinalização celular para desencadear esses mecanismos de defesa da planta (Tabela 2; Figura 2).

Figura 2 – Atividade da enzima amônia-liases de fenilalanina (PAL) em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO, tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.



A maior atividade enzimática para ambas cultivares é verificada entre as 48 e 72 horas após aplicação para a maioria dos indutores avaliados, isto por que, o pico da atividade enzimática acontece em um período muito curto, possivelmente por esta enzima ser expressa no início da indução da resistência sistêmica adquirida. Segundo Broetto & Crocomo (1995), esta enzima apresenta uma fase de latência, período necessário para que ocorra a expressão de genes da PAL.

A expressão da atividade da PAL está relacionada com a resistência de plantas a patógenos, notadamente, por estar envolvida no primeiro passo da síntese de fenilpropanóides, com participação da fenilalanina e sua conversão em ácidos-transcinâmico, catalisada pela PAL, resultando em compostos como fitoalexinas e, principalmente, lignina, a qual confere maior resistência à parede celular das plantas aos patógenos (NAKAZANA et al., 2001). Sua maior atividade ocorre entre 24 e 48 horas após a eliciação, mesmo que sua indução seja por fatores como luminosidade ou ferimentos (SALTVEIT, 2000; CHEN et al., 2002)

O aumento da atividade da PAL nos primeiros períodos após aplicação de indutores, corroboram com um estudo realizado em outro patossistema, para avaliar óleos essenciais de capim-limão (*Cymbopogon flexuosus* Stapf.), assa-peixe (*Vernonia polyanthes* Less.) e fosfito de potássio no controle de antracnose do feijoeiro. Foi constatado aumento na atividade da PAL, em plantas pulverizadas com fosfitos (8 e 10 dias após pulverização), em relação às plantas pulverizadas com óleos. Todavia, aos 13 dias após a pulverização com fosfito de potássio, a produção de PAL foi menor comparada às plantas que receberam óleos, indicando que a maior produção no primeiro momento causou gasto de energia pela planta (SILVA, 2013).

Ao analisarmos a atividade da peroxidase (POX) em folhas de plantas da cultivar BMX Elite IPRO, que receberam aplicação de água (testemunha) observa-se uma pequena oscilação desta enzima no decorrer das coletas (Figura 3).

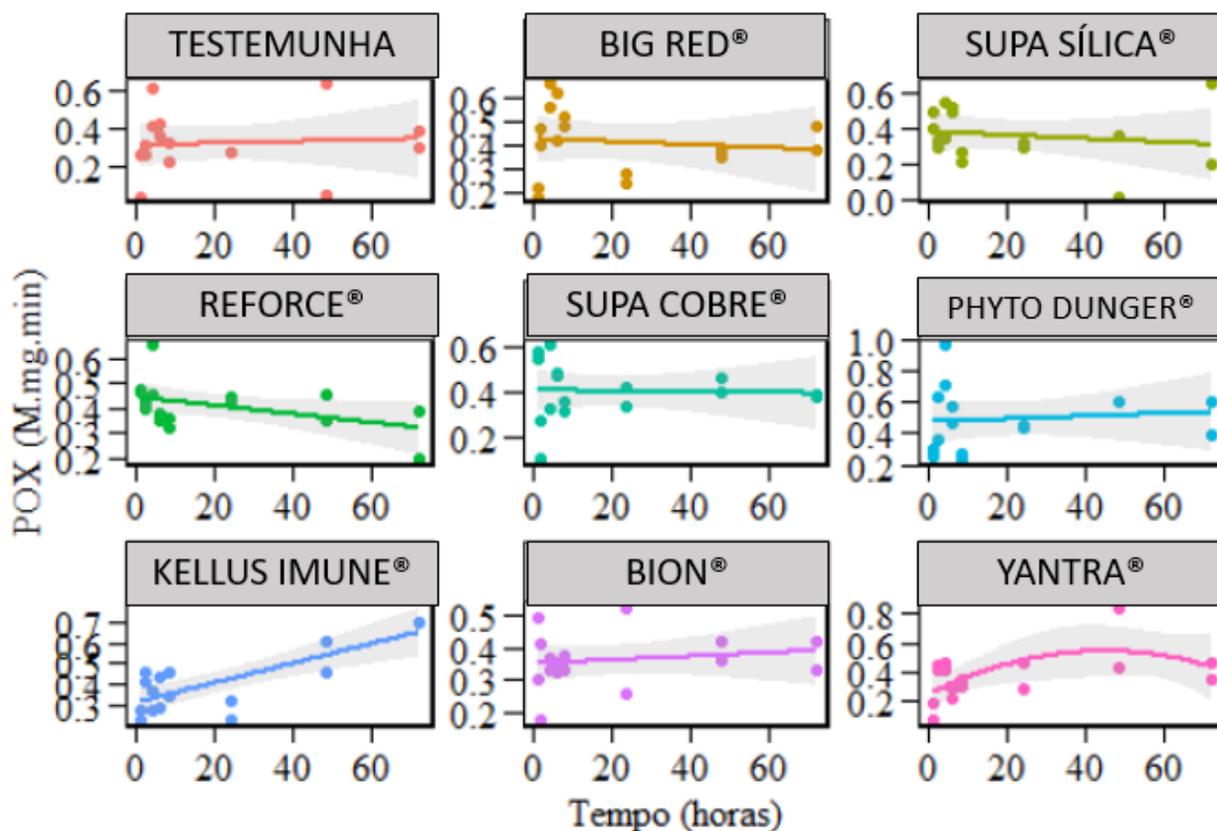
Tabela 3 – Atividade da enzima peroxidase (POX) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Cultivar	Indutor de resistência	Peroxidase (POX)	
		Equação	R ²
BMX Elite IPRO	Test	$y = 0,4234 + 0,0265x - 0,0010x^2 + 0,00001x^3$	0,253
BMX Elite IPRO	Big Red®	$y = 0,491$	-
BMX Elite IPRO	Bion®	$y = 0,2333 + 0,0220x - 0,0002x^2$	0,981
BMX Elite IPRO	Kellus Imune®	$y = 0,2931 + 0,0024x + 0,0008x^2 - 0,00001x^3$	0,659
BMX Elite IPRO	Phyto Dunger®	$y = 0,4198 + 0,0028x$	0,166
BMX Elite IPRO	Reforce®	$y = 0,3488 + 0,0364x - 0,0013x^2 + 0,00001x^3$	0,707
BMX Elite IPRO	Supa Cobre®	$y = 0,3949 + 0,0277x - 0,0011x^2 + 0,00001x^3$	0,769
BMX Elite IPRO	Supa Silica®	$y = 0,3787 + 0,0276x - 0,0010x^2 + 0,00001x^3$	0,148
BMX Elite IPRO	Yantra®	$y = 0,2973 - 0,0140x + 0,0010x^2 - 0,00001x^3$	0,753
BMX Lança IPRO	Test	$y = 0,323$	-
BMX Lança IPRO	Big Red®	$y = 0,411$	-
BMX Lança IPRO	Bion®	$y = 0,361$	-
BMX Lança IPRO	Kellus Imune®	$y = 0,3165 + 0,0047x$	0,704
BMX Lança IPRO	Phyto Dunger®	$y = 0,492$	-
BMX Lança IPRO	Reforce®	$y = 0,408$	-
BMX Lança IPRO	Supa Cobre®	$y = 0,403$	-
BMX Lança IPRO	Supa Silica®	$y = 0,433$	-
BMX Lança IPRO	Yantra®	$y = 0,2580 + 0,0127x - 0,001x^2$	0,438

No tratamento correspondente a aplicação do indutor Big Red® não se observou significância para a enzima POX, sendo que os demais promoveram alterações na atividade desta enzima. Os indutores Supa Sílica® e Kellus Imune® proporcionaram maior atividade enzimática às 72 horas após aplicação, destacando o indutor Kellus Imune® por apresentar atividade com tendência crescente (Tabela 3).

O indutor Phyto Dunger® proporcionou maior atividade enzimática durante o primeiro dia de avaliação, com valores alcançando 1,0 M.mg.min de POX, embora nos próximos dias a atividade enzimática tendeu a ser constante. O indutor Yantra® promoveu maior atividade da POX às 48 horas após aplicação, com valores alcançando 0,8 M.mg.min (Tabela 3; Figura 3).

Figura 3 – Atividade da enzima Peroxidase (POX) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

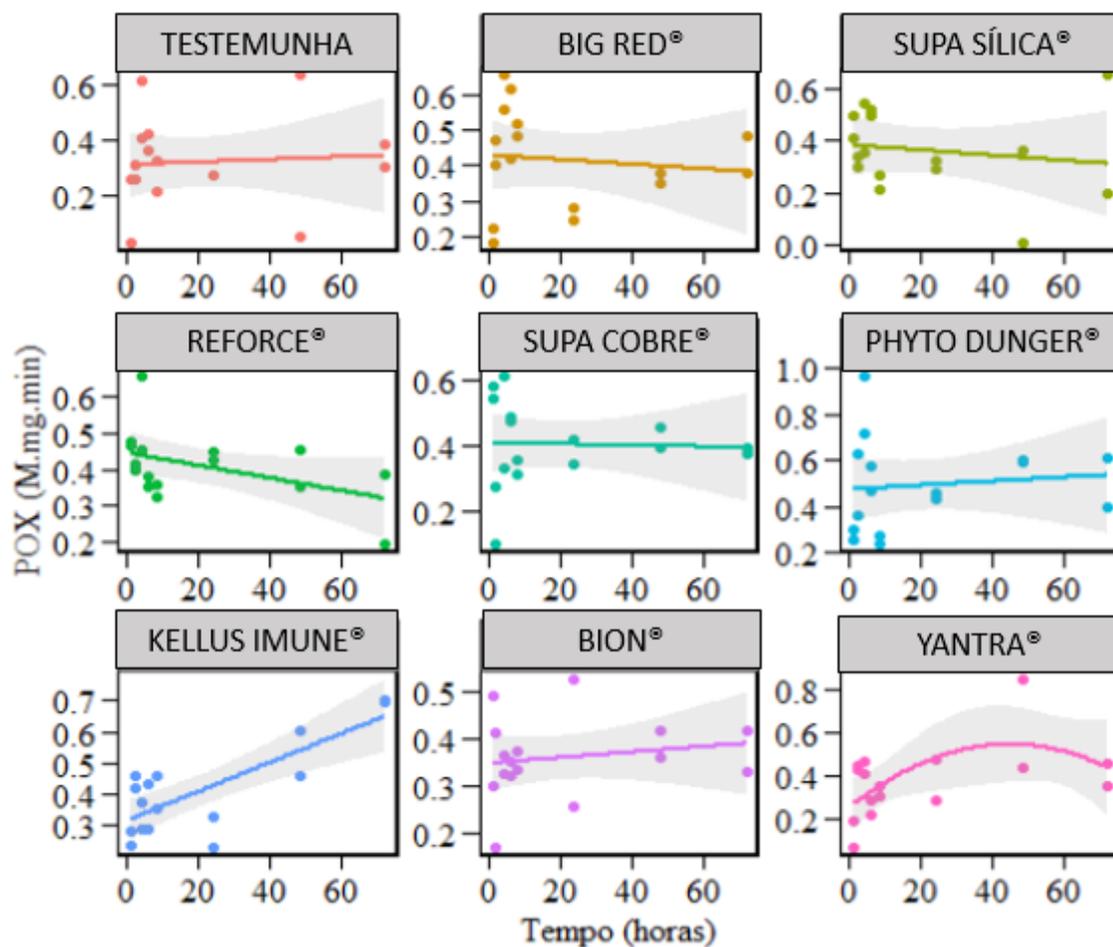


A avaliações enzimáticas nas plantas de soja da cultivar BMX Lança IPRO (Figura 4) demonstraram que nas plantas que receberam somente água (testemunha), a enzima POX

apresentou oscilação durante as épocas de coleta e após as 48 horas manteve tendência constante.

Considerando-se a aplicação dos indutores observou-se que a cultivar BMX Elite IPRO foi mais responsiva a atividade da enzima POX do que a cultivar BMX Lança IPRO devido aos valores observados durante o período e sua significância (Figura 4). Para a cultivar BMX Lança IPRO, apenas os indutores Kellus Imune® e Yantra® apresentaram alterações no seu metabolismo enzimático. O indutor Kellus Imune® promoveu novamente a maior atividade enzimática as 72 horas após aplicação, com curva linear crescente, alcançando valores próximos a 0,7 M.mg.min de POX (Tabela 3; Figura 4).

Figura 4 – Atividade da enzima Peroxidase (POX) em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.



O tratamento correspondente a aplicação do Yantra® promoveu resposta quadrática nos períodos de avaliação, sendo seu pico observado às 48 horas após a aplicação. Embora sem significância estatística, cabe ressaltar que o indutor Phyto Dunger® apresentou os maiores valores para a atividade da POX, com atividade de 1,0 M.mg.min durante o primeiro dia de avaliação, dados observados para a cultivar BMX Lança IPRO, demonstrando coerência entre os resultados observados (Tabela 2; Figura 4).

As plantas exibem várias respostas bioquímicas para proteção contra agentes oxidantes produzidos durante o metabolismo ou induzidos quando as plantas são submetidas a condições ambientais adversas (MITTLER, 2002). Dentre essas respostas a produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (MITTLER, 2002; RESENDE et al., 2003; SCANDALIOS, 2005) que pode ter ação tóxica direta sobre o patógeno, está envolvida no fortalecimento celular, sendo necessário para a biossíntese de lignina (RESENDE et al., 2003) além de poder causar danos celulares e agir como molécula sinalizadora, que ativa múltiplas respostas de defesa (SOARES & MACHADO, 2007). No entanto, quando ocorre a superprodução das espécies reativas de oxigênio como o H_2O_2 , ocorre um estresse oxidativo nas células e para que não ocorra a morte celular, mecanismos antioxidantes são ativados, como, por exemplo, a síntese de enzimas antioxidativas, dentre elas a enzima peroxidase.

Ribeiro Junior et al., (2006), testando fosfito de potássio na indução de resistência de cacauero a *Verticillium dahliae* Kleb., observaram que houve um pequeno acréscimo na atividade da peroxidase, somente 13 dias após a pulverização (1,25 mL/L de fosfito de potássio (27% de P_2O_5 e 27% de K_2O). Silva (2013), analisando óleos essenciais de capim-limão, assa-peixe e fosfito de potássio no controle de antracnose do feijoeiro, encontrou incremento significativo na atividade da POX em plantas inoculadas, 7 dias após a pulverização dos tratamentos, sendo que a atividade dessa enzima foi maior aos 8 e 13 dias após a pulverização, diferindo da testemunha.

Quando a atividade da POX sofre mudanças, geralmente elas são correlacionadas com resistência ou suscetibilidade de plantas a patógenos. Por serem enzimas oxidativas, removem hidrogênio dos álcoois hidroxicinâmicos para formar lignina, que junto com outros compostos servem como barreira física à invasão de patógenos (CAVALCANTI et al., 2005).

Em estudo realizado por Marriott et al., (1978), foi observado que o aumento na atividade de peroxidase esteve associado ao fortalecimento da parede celular e da membrana plasmática

das células, resultantes do processo da biossíntese de lignina, atua como defesa à penetração de patógenos.

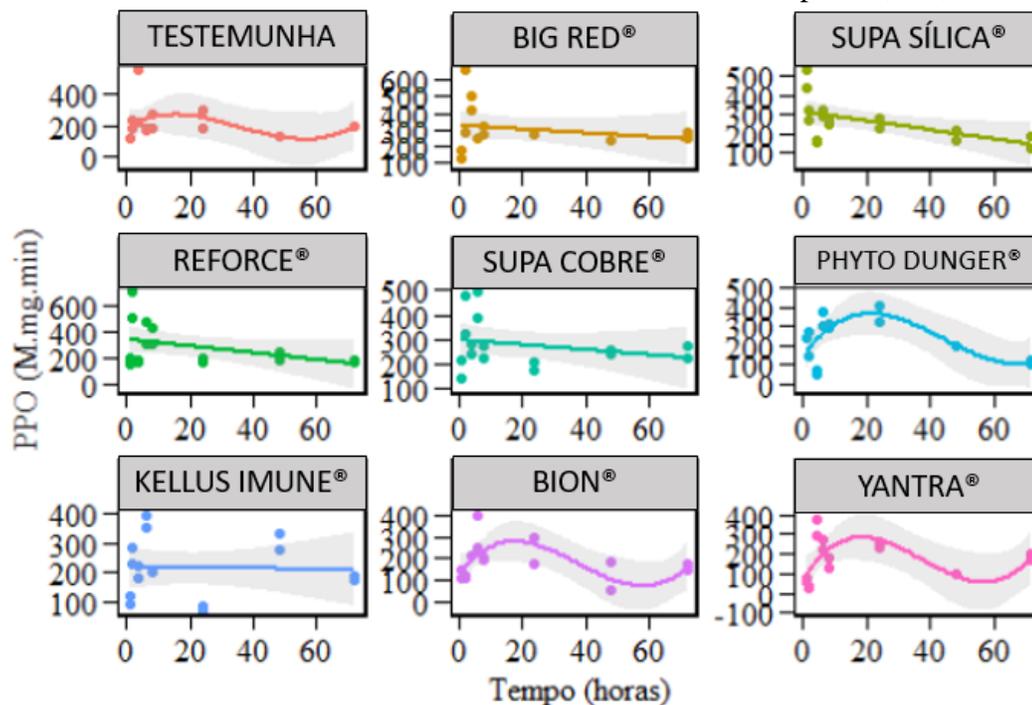
Tabela 4 – Atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.

Cultivar	Indutor de resistência	Polifenoloxidase (PPO)	
		Equação	R ²
BMX Elite IPRO	Test	$y = 182,794 + 12,239x - 0,508x^2 + 0,0048x^3$	0,234
BMX Elite IPRO	Big Red®	$y = 325,765$	-
BMX Elite IPRO	Bion®	$y = 128,5434 + 18,8549x - 0,70x^2 + 0,0062x^3$	0,5144
BMX Elite IPRO	Kellus Imune®	$y = 213,179$	-
BMX Elite IPRO	Phyto Dunger®	$y = 150,2192 + 22,494x - 0,6976x^2 + 0,0052x^3$	0,514
BMX Elite IPRO	Reforce®	$y = 336,867 - 2,6259x$	0,191
BMX Elite IPRO	Supa Cobre®	$y = 301,533$	-
BMX Elite IPRO	Supa Silica®	$y = 314,865 - 2,364x$	0,337
BMX Elite IPRO	Yantra®	$y = 79,095 + 24,8365x - 0,8934x^2 + 0,0079x^3$	0,363
BMX Lança IPRO	Test	$y = 249,44 - 13,44x + 0,4336x^2 - 0,0037x^3$	0,714
BMX Lança IPRO	Big Red®	$y = 358,46 - 23,46x + 0,8042x^2 - 0,0071x^3$	0,254
BMX Lança IPRO	Bion®	$y = 205,713 - 13,003x + 0,4086x^2 - 0,0032x^3$	0,443
BMX Lança IPRO	Kellus Imune®	$y = 421,30 - 26,997x + 0,6823x^2 - 0,0048x^3$	0,508
BMX Lança IPRO	Phyto Dunger®	$y = 305,857 + 7,722x - 0,3543x^2 + 0,0033x^3$	0,079
BMX Lança IPRO	Reforce®	$y = 324,32 - 17,567x + 0,4519x^2 - 0,0036x^3$	0,516
BMX Lança IPRO	Supa Cobre®	$y = 331,75 - 15,65x + 0,4241x^2 - 0,0033x^3$	0,137
BMX Lança IPRO	Supa Silica®	$y = 210,923$	-
BMX Lança IPRO	Yantra®	$y = 309,56 - 18,603x + 0,6504x^2 - 0,0060x^3$	0,699

Em relação a atividade da enzima PPO em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO, sem aplicação de indutores (testemunha), apresentou valores menores se comparado as plantas pulverizadas com os indutores. Os tratamentos correspondentes a aplicação dos indutores Big Red®, Supa Cobre® e Kellus Imune® apresentaram uma leve tendência de crescimento da atividade da PPO logo após a aplicação, embora sem significância estatística. Plantas de soja pulverizadas com Supa Sílic® e Reforce® mostraram aumento significativo ($p \leq 0,05$) na atividade de PPO, durante as primeiras horas após pulverização, e diminuiu durante os demais períodos, representado por uma linha de tendência linear decrescente. O indutor Phyto Dunger®

promoveu maior atividade enzimática da PPO nas primeiras 24 horas após aplicação, e a mesma tendência da curva cúbica foi observada para os indutores Bion® e Yantra® (Tabela 4; Figura 5).

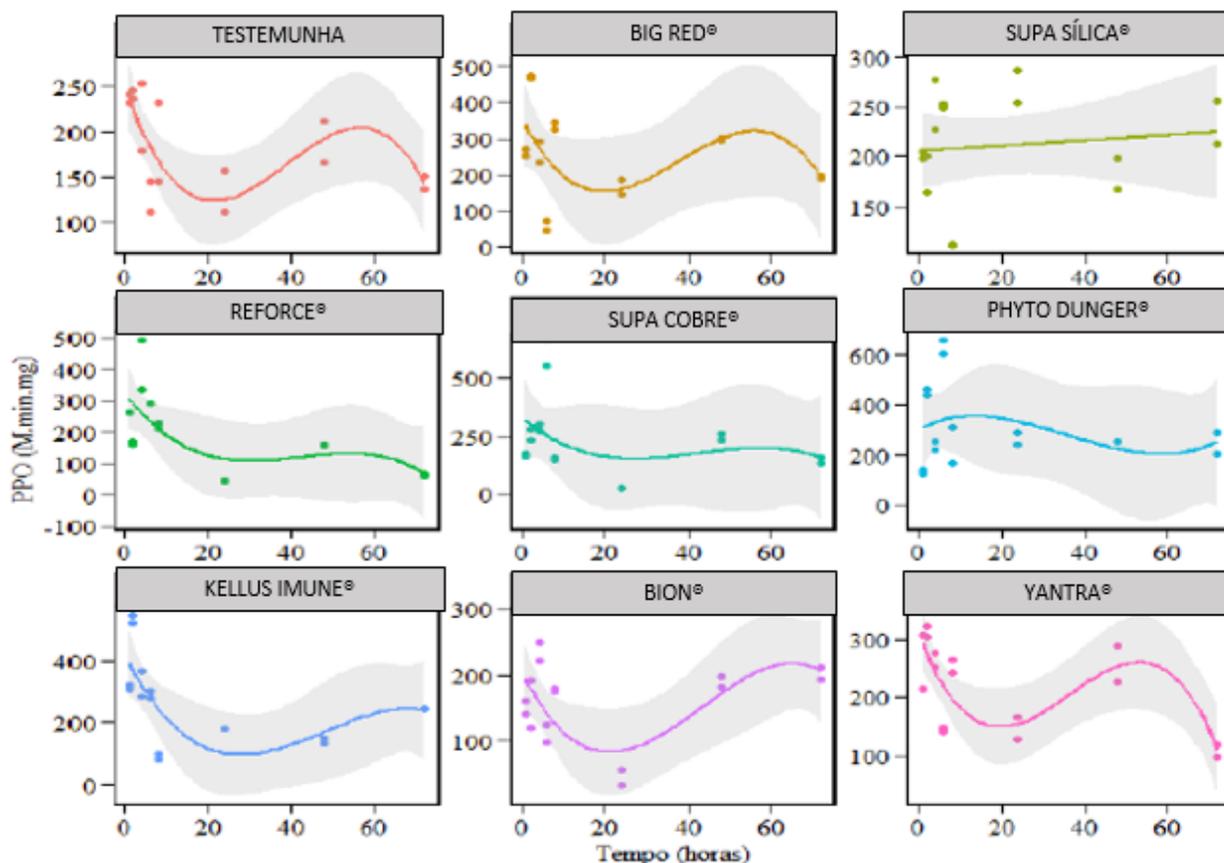
Figura 5 – Atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO) em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.



A atividade enzimática da PPO para a cultivar BMX Lança IPRO apresentou variação durante o tempo, devido ao fato de todos os tratamentos proporcionarem significância (com exceção do indutor Supa Sílica®) e sua resposta ser melhor ajustada por regressões cúbicas. Grande parte dos indutores proporcionaram elevada atividade da PPO durante as primeiras horas após aplicação dos mesmos. A maior atividade enzimática foi observada para o tratamento com Phyto Dunger®.

A importância da atividade da polifenoloxidase na resposta à infecção deve-se, provavelmente, à sua propriedade em oxidar fenol a quinonas, uma vez que esses compostos fenólicos são tóxicos aos micro-organismos (ZHENG et al., 1999; AGRIOS, 2004). A ação da polifenoloxidase processa-se por meio da hidroxilação de monofenóis para o-difenóis e oxidação desses o-difenóis para quinonas (WHEATLEY, 1982). Por sua vez, as quinonas se acumulam nas paredes celulares promovendo o aumento da resistência à penetração do patógeno (TEIXEIRA et al., 2012).

Figura 6 – Atividade da enzima Polifenoloxidase (PPO) em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO tratadas com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, 2018.



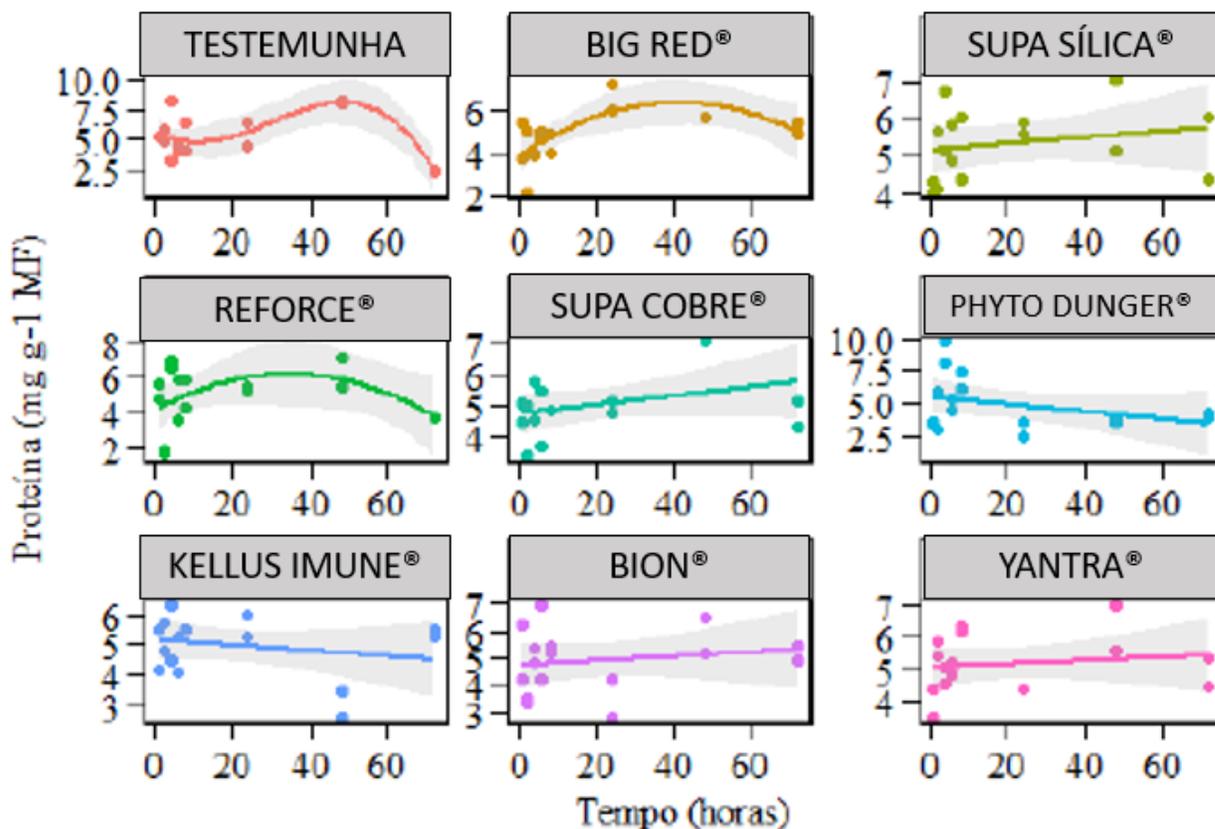
Segundo Sanchez et al., (2000), o nível de polifenoloxidase pode variar de acordo com a espécie e cultivar de planta e também com as condições do ambiente. Sua ativação pode ser induzida por estresse, como a infecção por bactérias, fungos e vírus, que, conseqüentemente, promove o início do processo de oxidação dos compostos fenólicos que poderão impedir a penetração do patógeno. A polifenoloxidase atua na produção de lignina, que atua como uma barreira estrutural de defesa contra ataques de fitopatógenos e insetos (THIPYAPONG & STEFFENS, 1997).

Tabela 5 – Atividade de proteínas em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO e BMX Lança IPRO após a aplicação de indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.

Cultivar	Indutor de resistência	Proteína	
		Equação	R ²
BMX Elite IPRO	Test	$y = 5,7628 - 0,1985x + 0,0112x^2 - 0,0001x^3$	0,936
BMX Elite IPRO	Big Red®	$y = 3,8485 + 0,1196x - 0,0014x^2$	0,712
BMX Elite IPRO	Bion®	$y = 4,884$	-
BMX Elite IPRO	Kellus Imune®	$y = 4,962$	-
BMX Elite IPRO	Phyto Dunger®	$y = 5,4845 - 0,0289x$	0,1434
BMX Elite IPRO	Reforce®	$y = 4,2291 + 0,1143x - 0,0017x^2$	0,230
BMX Elite IPRO	Supa Cobre®	$y = 5,009$	-
BMX Elite IPRO	Supa Silica®	$y = 5,323$	-
BMX Elite IPRO	Yantra®	$y = 5,151$	-
BMX Lança IPRO	Test	$y = 5,7986 - 0,0860x + 0,0010x^2$	0,5911
BMX Lança IPRO	Big Red®	$y = 4,3968 + 0,0167x$	0,332
BMX Lança IPRO	Bion®	$y = 4,655 - 0,130x + 0,0076x^2 - 0,0001x^3$	0,641
BMX Lança IPRO	Kellus Imune®	$y = 4,2068 + 0,2164x - 0,0070x^2 + 0,0001x^3$	0,442
BMX Lança IPRO	Phyto Dunger®	$y = 4,0479 - 0,0191x$	0,392
BMX Lança IPRO	Reforce®	$y = 4,0636 + 0,0145x$	0,136
BMX Lança IPRO	Supa Cobre®	$y = 4,0090 + 0,0161x$	0,188
BMX Lança IPRO	Supa Silica®	$y = 4,2541 + 0,2465x - 0,0078x^2 + 0,0001x^3$	0,434
BMX Lança IPRO	Yantra®	$y = 5,2208 - 0,0789x + 0,0011x^2$	0,167

As plantas de soja da cultivar BMX Elite IPRO apresentam em suas folhas teor de proteína variável no decorrer das coletas, independente da aplicação dos indutores, sendo observado após 48 horas um pico de 10mg g⁻¹ MF. Já o teor de proteína em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO tratadas com os indutores, Supa Sílica®, Supa Cobre®, Kellus Imune®, Bion® e Yantra® não apresentaram significância a $p \leq 0,05$. Os tratamentos com os indutores Big Red® e Reforce® apresentaram comportamento semelhante para o teor de proteína nos períodos de avaliação, sendo explicados por equação quadrática, com picos às 24 e 48 horas respectivamente. O maior teor de proteína foi observado para o tratamento com o indutor Phyto Dunger®, apresentando maiores valores nas primeiras horas após aplicação.

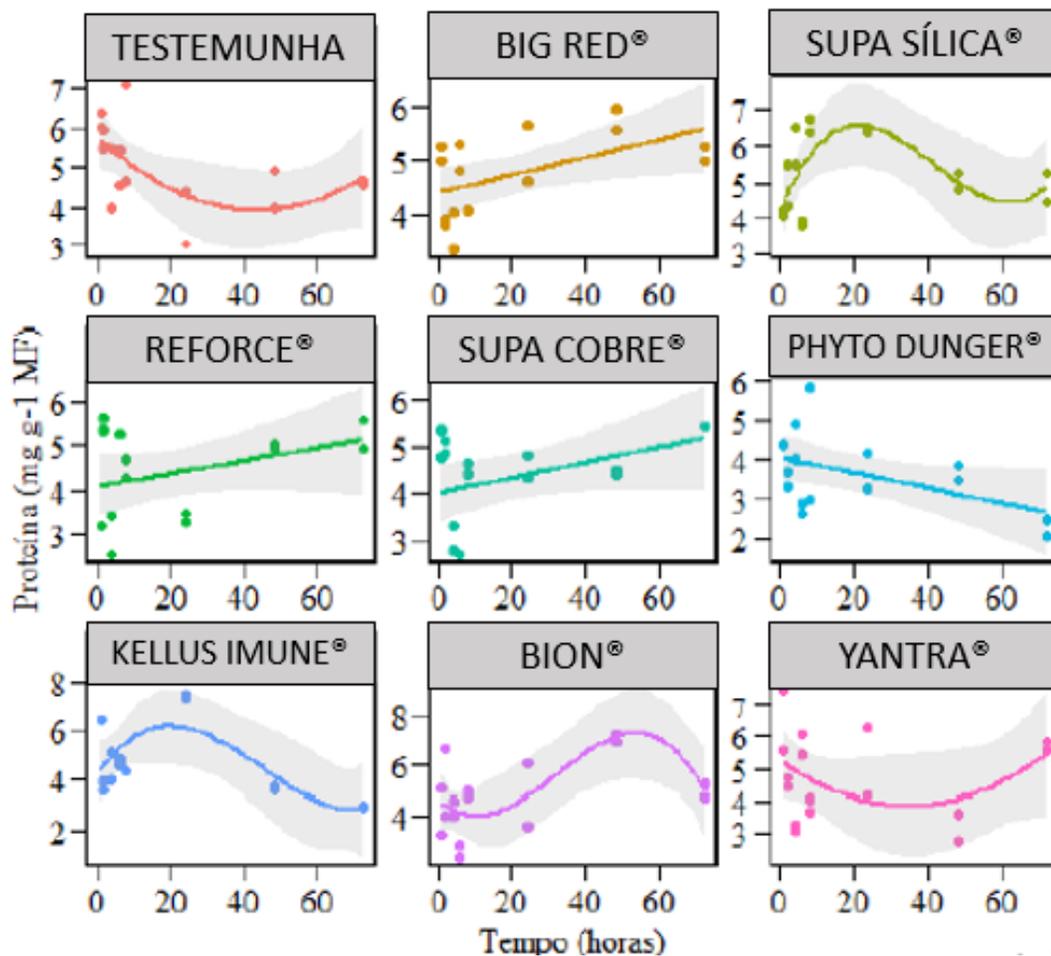
Figura 7 – Teor de proteína em folhas de soja da cultivar BMX Elite IPRO tratada com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.



A cultivar BMX Lança IPRO apresentou menor teor de proteína nas folhas de soja quando comparado com a cultivar BMX Elite IPRO. Para esta cultivar, todos os tratamentos apresentaram significância, contudo com resultados diferenciados entre os tratamentos. Para a testemunha, onde somente foi pulverizado água nas folhas, o teor de proteína manteve-se decrescente, no decorrer dos períodos até 48 horas, onde apresentou tendência crescente. Os tratamentos com os indutores Big Red®, Reforce® e Supa Cobre® proporcionaram resultados semelhantes entre si, com resposta linear crescente durante os períodos de avaliação. Os indutores Supa Sílica® e Kellus Imune® promoveram maior teor de proteína nas primeiras 24 horas após aplicação, sendo seus resultados explicados por equação cúbica. Destaca-se o indutor Kellus Imune® por proporcionar maior teor de proteína, com valores próximos a 8 mg g⁻¹ MF (Tabela 5; Figura 8).

O indutor Phyto Dunger® reduziu o teor de proteína a partir das primeiras horas após aplicação do mesmo, sendo representado por equação linear decrescente. O indutor Yantra® proporcionou resultados semelhantes à testemunha (Tabela 5; Figura 8).

Figura 8 – Teor de proteína em folhas de soja da cultivar BMX Lança IPRO tratada com diferentes indutores de resistência. Frederico Westphalen, RS, 2018.



O tratamento com o indutor Bion® apresentou pico de proteína às 48 horas após aplicação e após decréscimo de seus valores (Tabela 5; Figura 8). Segundo Faulin (2010) o aumento de proteínas em plantas induzidas com ASM, pode envolver a síntese de proteínas PRs, além de outras proteínas relacionadas a defesa vegetal. O uso do eliciador ASM pode ter estimulado a produção de compostos do metabolismo vegetal e proteínas PRs, sendo estas proteínas responsáveis pela defesa natural do vegetal contra os patógenos (DURRANT; DONG, 2004). Essa redução na concentração de proteínas totais pode ser devida ao direcionamento dessas proteínas para a produção de outros compostos também relacionados à defesa.

Por apresentarem baixa toxicidade aos seres humanos e por agirem diretamente no metabolismo da planta, não apresentando qualquer efeito direto sobre os organismos alvo, esses produtos podem ser indicados para o manejo integrado de doenças.

5.4 CONCLUSÃO

Destacam-se os indutores Kellus Imune®, Reforce® e Phyto Dunger® como os melhores eliciadores, pois proporcionaram os maiores incrementos a atividade das enzimas amônia-liases de fenilalanina, peroxidases e polifenoloxidase.

Sendo assim, os eliciadores Kellus Imune®, Reforce® e Phyto Dunger® demonstram-se promissores na indução de resistência à doenças na cultura da soja.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G.N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 922p.

ANP, 2016. **Boletim Mensal do Biodiesel** - Janeiro de 2016, Nacional Petroleum Agency (Agência Nacional do Petróleo).

BERGER, L. R. R.; STAMFORD, N. P.; WILLADINO, L. G.; LARANJEIRA, D.; LIMA, M. A. B.; MALHEIROS, S. M. M.; STAMFORD, T. C. M. Resistência ao feijão-caupi induzido contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* por quitosana crustácea e por biomassa e quitosana obtidos de *Cunninghamella elegans*. **Controle biológico**, v. 92, p. 45-54, 2016.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, v.72 p. 248-254, 1976.

BROETTO, F.; CROCOMO, O. J. Ação de luz UV e GA3 sobre a atividade de enzimas do metabolismo secundário em células de cenoura in vitro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.7, n.1, p.61-66, 1995.

CARMONA, M.; SAUTUA, F.; PERELMAN, S.; GALLY, M.; REIS, E. M. Development and validation of a fungicide scoring system for management of late season soybean diseases in argentina. **Crop Protection**, v. 70, p. 83–91, 2015.

CARRASCOSA, M.; SANCHEZ-MORENO, S.; LUIS ALONSO-PRADOS, J. Effects of organic and conventional pesticides on plant biomass, nematode diversity and the structure of the soil food web. **Nematology**, v. 17, p. 11-26, 2015.

CAVALCANTI, L.S.; BRUNELLI, K.R.; STANGARLIN, J.R. **Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida**. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.;

PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. eds. Piracicaba: FEALQ, 2005.

CHEN, Y.; SHIN, J.; LIU, Z. Effect of light on peroxidase and lignin synthesis in mungbean hypocotyls. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 40, p. 33-39, 2002.

CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CÉZAR NADALETI, W.; DE ROSSI, E.; FEIDEN, A.; DE CAMARGO, M. P.; CREMONEZ, F. E.; KLAJN, F. F. Biodiesel production in Brazil: Current scenario and perspectives. **Renewable Sustainable Energy Rev**, v. 42, p. 415–428, 2015.

DURRANT, W.E.; DONG, X. Systemic Acquired Resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, p.185-209, 2004.

DAN, E. K.; DEVERALL, B. J. Activation of systemic disease resistance in pea by an avirulent bacterium or benzothiadiazole, but not by fungal leaf spot pathogen. **Plant pathology**, v.49, p.324-332. 2000.

ETESAMI, H. Alívio mediado por bactérias do estresse por metais pesados e diminuição do acúmulo de metais em tecidos vegetais: mecanismos e perspectivas futuras. **Ecotoxicologia e segurança ambiental**, v. 147, p. 175-191, 2018.

FAULIN, M. S. A. R. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil contra *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* parâmetros bioquímicos e da produção**. 2010. Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2010.

FAO. FAOSTAT: **countries by commodity**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 20/11/2018.

FAO, 2012. **Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database**. Final 2011 Data and Preliminary 2012 Data for 5 Major Commodity Aggregates Now [WWW Document]. URL: www.faostat.org.com (accessed 11.01.17).

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., & NOGUEIRA, D. A. (2014). ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. *Applied Mathematics*, 5(19), 2952.

FILHO, A. B. **Manual de fitopatologia**. Colaboradores: KIMATI, H.; AMORIM, L. Agronômica Ceres, ed. 3. 1995.

GASPAR, T. H.; PENEL, C. L.; THORPE, T.; GREPPIN, H. Peroxidases: a survey of their biochemical and physiological roles in higher plants. **Genève: Université de Genève**, 1982. 324p.

HAMMOND-KOSACK, K.; PARKER, J. E. Deciphering plant–pathogen communication: fresh perspectives for molecular resistance breeding. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 14, n. 2, p. 177-193, 2003.

HYODO, H.; KURODA, H.; YANG, S.F. Induction of phenylalanine ammonia lyase and increase in phenolics in lettuce leaves in relation on the development of rust spotting caused by ethylene. **Plant Physiology**, v. 62, p. 31-35, 1978.

JIAO, W., LI, X., WANG, X., CAO, J., & JIANG, W. Chlorogenic acid induces resistance against *Penicillium expansum* in peach fruit by activating the salicylic acid signaling pathway. **Food Chemistry**, v. 260, p. 274-282, 2018.

KAO, C.H. Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v.39, p.83-89, 2003.

LAMICHHANE, J. R.; DACHBRODT-SAAAYDEH, S.; KUDSK, P.; MESSÉAN, A. Toward a reduced reliance on conventional pesticides in European agriculture. **Plant Disease**, v. 100, n. 1, p. 10-24, 2016.

MAPA, 2015. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Câmara setorial avalia situação do mercado de biodiesel**. Available at: https://www.agrolink.com.br/noticias/camara-setorial-avalia-situacao-do-mercado-de-biodiesel_220547.html. (Accessed 20 December 2017).

MARRIOTT, J.; BEEN, B. O.; PERKINS, C. The aethiology vascular streaking in cassava roots after harvest: association with water loss from wounds. **Plant Physiology**, v.44, p.38-42, 1978.

MITLER, R. Oxidative stress antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v.7, p. 405-410, 2002.

MOYA-ELIZONDO, ERNESTO A.; JACOBSEN, BARRY J. Integrated management of Fusarium crown rot of wheat using fungicide seed treatment, cultivar resistance, and induction of systemic acquired resistance (SAR). **Biological control**, v. 92, p. 153-163, 2016.

NAKAZANA, A.; NOZUE, M.; YASUDA, H. Expression pattern and gene structure of phenylalanine ammonia-lyase in *Phabitis mil.* **Journal of Plant Research**, v. 114, p. 323-328. 2001.

OCDE/FAO, 2015. **Food and agriculture organization of the United nations. OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2015-2024**. OECD Publishing, Paris Available at: https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-es Accessed: 2 Feb. 2017.

PEIXOTO, P. H. P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, M. A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v.11, n.3, p.137-143, 1999.

RESENDE, M. L. V.; SALGADO, S. M. L.; CHAVES, Z. M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 123-130, 2003.

RIBEIRO JUNIOR, P. M.; DE RESENDE, M. L. V.; PEREIRA, R. B.; CAVALCANTI, F. R.; AMARAL, D. R.; DE PÁDUA, M. A. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb. em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciências Agrotecnicas**, v. 30, n. 4, p. 629-636, 2006.

SALTVEIT, M. E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 61-69, 2000.

SANGEETHA, S.; SARADA, D. V. L. The phenyl derivative of pyranocoumarin prevents fusarium oxysporum f.sp. lycopersici infection in *lycopersicon esculentum* via the induction of phenylpropanoid pathway enzymes. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 175, p 1168-1180, 2015.

SCANDALIOS, J. G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, p. 995-1014, 2005.

SIDDIQUI, YASMEEN; MEON, SARIAH. Effect of seed bacterization on plant growth response and induction of disease resistance in chilli. **Agricultural Sciences in China**, v. 8, n. 8, p. 963-971, 2009.

SILVA, J. L. **Óleo essencial de *Cymbopogon flexuosus*, *Vernonia polyanthes* e fosfito de potássio no controle de antracnose do feijoeiro**. 2013. 76p. Dissertação. UFLA, Lavras, 2013.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: Sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Tropical – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.1, n. 1, p. 9, 2007.

TEIXEIRA, L. S. M.; FEIJENB, J.; CLEMENS, A. V. B.; DIJKSTRAB, P. J.; KARPERIENA, M. Enzyme-catalyzed crosslinkable hydrogels: Emerging strategies for tissue engineering. **Biomaterials**, v. 33, n. 5, p. 1281-1290, 2012.

THIPYAPONG, P., STEFFENS, J. C.. Tomato polyphenol oxidase: Differential response of the polyphenol oxidase F promoter to injuries and wound signals. **Plant Physiology**, v. 115, p. 409-418, 1997.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - **USDA**. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/technical/nra/nri/results/?cid=nrcs143_013850>. (Acesso em 15 de novembro de 2018).

WALTERS, D. R.; FOUNTAINE, J. M. Practical application of induced resistance to plant diseases: na appraisal of effectiveness under field conditions. **The Journal of Agricultural Science. New York**, v. 147, n. 5, p. 523-535, Oct, 2009.

WHEATLEY, C. **Studies on cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post-harvest physiological deterioration**. 1982. 242p. Thesis (Ph.D.) - University of London, London.

XUE, M.; YI, H. Induction of disease resistance providing new insight into sulfur dioxide preservation in *Vitis vinifera* L. **Scientia Horticulturae**, v. 225, p. 567-573, 2017.

ZHENG-CUIMING; TENG-BING; GAO-FENGI; WUZONGPU; ZHENG-CM; TENG-; GAO-FL; WU-ZP. Studies on the changes of superoxido dismutase, peroxidase and poliphenol oxidase in seed coat of soybeans after infection with soybean mosaic virus. **Scientia-Agricultura Sinica**, v. 32, p. 99-101, 1999.